



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LEANDRO RIBEIRO LUZ DE BARROS

**A INFLUÊNCIA DA GEOLOGIA NOS ESTUDOS DOS
MOVIMENTOS DE MASSA OCORRIDOS NA REGIÃO
DE NOVA FRIBURGO EM 2011, ESTADO DO RIO DE
JANEIRO**

Rio de Janeiro
Junho de 2016

LEANDRO RIBEIRO LUZ DE BARROS

**A INFLUÊNCIA DA GEOLOGIA NOS ESTUDOS DOS
MOVIMENTOS DE MASSA OCORRIDOS NA REGIÃO
DE NOVA FRIBURGO EM 2011, ESTADO DO RIO DE
JANEIRO**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao
curso de graduação em geologia para a
obtenção do grau de Bacharel em Geologia
pela Universidade Federal do Rio de Janeiro-
UFRJ

Orientadores:

Prof. Dr. André de Souza Avelar

Prof. Dr. Rodrigo Vinagre Cintra da Costa

Rio de Janeiro
2016

Barros, Leandro R. L.

A Influência da Geologia Nos Estudos Dos Movimentos De Massa Ocorridos Na Região De Nova Friburgo Em 2011, Estado Do Rio De Janeiro

Leandro Ribeiro Luz de Barros - Rio de Janeiro: UFRJ / CCMN / IGEO / Departamento de Geologia.

75f. : il.; 29,7 cm.

Orientadores: André de Souza Avelar
Rodrigo Vinagre Cintra da Costa

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Bacharel em Geologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Referencias Bibliográficas: p. 49.

1.Mapa geológico 2. Deslizamento Nova Friburgo 3. Método de Davis.

A INFLUENCIA DA GEOLOGIA NOS ESTUDOS DOS MOVIMENTOS DE MASSA OCORRIDOS NA REGIÃO DE NOVA FRIBURGO EM 2011, ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Leandro Ribeiro Luz de Barros

Aprovada por:

Prof. Dr. André de Souza Avelar - Orientador

Departamento de Geografia – Instituto de Geociências

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Prof. Dr. Rodrigo Vinagre Cintra da Costa - Co-Orientador

Departamento de Geologia – Instituto de Geociências

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho - Membro

Departamento de Geologia – Instituto de Geociências

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes - Membro

Departamento de Geologia – Instituto de Geociências

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro

Junho de 2016

Agradecimentos

Aos meus professores orientadores, Dr. André de Souza Avelar, Dr. Rodrigo Vinagre Cintra da Costa, por orientarem meus estudos, pelos valiosos ensinamentos de geologia, e por disponibilizarem todos os recursos necessários à conclusão deste Trabalho de final de Curso.

Ao Laboratório Interdisciplinar de Estudos Ambientais (LIEG) por ter fornecido materiais úteis a minha monografia e por nunca ter me negado assistência.

Ao Laboratório de Cartografia da UFRJ (GEOCART) coordenados pelos professores doutores Paulo Márcio Leal de Menezes e Manoel do Couto Fernandes pelos ensinamentos dispendidos e dúvidas sanadas desde o meu período como estagiário.

Ao professor Rudolph Allard Johannes Trouw, pelo uso do microscópio no qual foram descritas e fotografadas as lâminas utilizadas nesse trabalho.

Ao Tarcísio Raimundo de Abreu, técnico do Laboratório de Laminação da UFRJ, pela preparação das lâminas utilizadas nesse estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Dedico este trabalho a Deus pelas oportunidades que colocou em meu caminho, e à minha família, amigos e professores, que sempre me apoiaram nessa trajetória. Em especial dedico a minha amada esposa Lauris Cristina pelo constante incentivo para que eu me torne uma pessoa melhor, em todos os sentidos e pelo apoio incondicional e irrestrito ao longo de todos esses anos em que soube entender minhas ausências.

Resumo

A região da bacia hidrográfica do Córrego Dantas, localizada em Nova Friburgo, no Estado do Rio de Janeiro, compreende parte de um importante orógeno do sudeste do Brasil (Faixa Móvel Ribeira Central). Essa região tem um histórico de eventos catastróficos relacionados à precipitações extremas. Um exemplo importante é o que ocorreu em janeiro de 2011, que foi noticiado pela ONU como um dos maiores eventos climáticos extremos no mundo. Levando em consideração as declarações anteriores, torna-se relevante o estudo da geologia em escala de detalhe dessa área sobre o ponto de vista geotécnico, seja pelas rochas, pelas estruturas e pelo contraste topográfico com relevo extremamente acidentado característico de regiões serranas. Neste contexto, o presente trabalho almeja analisar a relação da geologia com os eventos sucedidos na região, assim como determinar a área de concentração desses deslizamentos. Para tanto as rochas da região foram cartografadas e pelo menos seis unidades litológicas foram reconhecidas. Dentre as estruturas geológicas existentes nessa área, as fraturas se destacam para estudos relacionados a movimento de massa, por isso para melhor compreender a arquitetura dessas fraturas, foram escolhidos três afloramentos, onde aplicou-se o método de Davis, que visa quantificar as fraturas de modo que seja possível calcular a densidade e a penetratividade das mesmas nesses afloramentos. Com esse método obteve-se como resultado a identificação de duas famílias principais de fraturas tectônicas, ambas com alto ângulo de mergulho para SE e NE, predominando as para SE, além disso, foi constatado que as fraturas de alívio mergulham aproximadamente 20° para NW, quando a rocha não apresenta foliação tectônica, já quando tem foliação, o ângulo de mergulho varia de 20 a 60°. O estudo sugere que a unidade de mapeamento rocha que mais influenciou os deslizamentos foi o Ortognaisse Granítico/Granodiorítico, pois é uma das rochas mais deformadas e fraturadas da área. Isso facilitou sua alteração intempérica, produzindo um solo arenoso rico em quartzo com pouca matriz argilosa. O Granito Equigranular Fino/Médio não apresenta tantas fraturas e não tem foliação tectônica. A petrografia mostrou uma larga alteração dos cristais primários (magmáticos) de feldspatos, principalmente plagioclásio, para mica branca o que corrobora para os eventos nesta litologia. As unidades litológicas cartografadas, juntamente com um aprimorado levantamento das estruturas ocorrentes nas rochas, contemplaram um mapa geológico estrutural que servirá de base para estudos de diversas naturezas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica Córrego Dantas, Foliação tectônica, Fratura de alívio; Método de Davis

Abstract

The region of Dantas Basin, located at Nova Friburgo, in the state of Rio de Janeiro, comprises an important orogen in southeastern Brazil (Central Ribeira Mobile Belt). This region has an history of catastrophic events related to extreme precipitation. One important example is the one that happened in January 2011 that was noticed by ONU as one of the biggest extreme climate events in the world. Taking into consideration the previous statements, the study of the geology on a detailed scale in this area becomes relevant from the geotechnical point of view, including the rocks, the structures and the topographic contrast with extremely rugged terrain characteristic of mountainous regions. In this context, this research aims to analyze the relationship of geology with the occurred events in this region, as well as to define concentration areas of landslides. Therefore the rocks in the area were mapped and at least six lithologic units were recognized. Among the existing geological structures in the area, fractures stand out for studies related to mass movement, so to better understand the architecture of these fractures three outcrops were chosen, where the method of Davis was applied. This method aims to quantify fractures in order to calculate the density and the level of penetration at the outcrops. As results it was possible to identify two main families of tectonic fractures, both with a high angle of dip to SE and NE, principally to SE. The results also revealed that the sheet joints dip about 20 ° to NW, when the rock does not have tectonic foliation; when the rock is foliated, the dip angle ranges from 20° to 60°. The study suggests that the rock that most influenced the landslides in the mapping unit is Granitic / granodioritic Orthogneiss. Because it is one of the most deformed and fractured rocks of the area, it facilitated the weathering, producing a sandy soil rich in quartz with little clay matrix. The equigranular fine/medium grained Granite does not have many fractures and has no tectonic foliation. The petrography showed a large change of primary crystals (magmatic) of feldspars, mainly plagioclase to white mica which confirms the events in this lithology. The mapped lithological units, along with an enhanced survey of the structures occurring in rocks, are presented on a structural geological map as the basis for studies of various kinds.

keywords: Dantas Basin; Tectonic foliation; Sheet joint; Method of Davis

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. Introdução | 1 |
| 2. Objetivo..... | 4 |
| 3. Localização da área | 5 |
| 3.1. Contexto Regional | 7 |
| 4. Metodologia..... | 9 |
| 5. Resultados | 12 |
| 5.1 Mapa Geológico..... | 13 |
| 5.1.1 Granada Biotita Paragneisse Bandado | 14 |
| 5.1.2. Ortogneisse Granítico/Granodiorítico..... | 15 |
| 5.1.3. Granito Porfirítico Médio | 18 |
| 5.1.4. Granito Equigranular Fino/Médio..... | 21 |
| 5.1.5. Diorito Equigranular Médio..... | 23 |
| 5.1.6. Gabro/Microgabro..... | 25 |
| 5.2 Análise da geologia estrutural..... | 27 |
| 5.3 Análise da aplicação do método de Davis | 31 |
| 5.3.1. Afloramento 1 | 33 |
| 5.3.2. Afloramento 2 | 36 |
| 5.3.3. Afloramento 3 | 41 |
| 5.4 Resultados da aplicação do método de Davis | 43 |
| 6. Conclusão | 45 |
| 7. Referências bibliográficas..... | 49 |
| 8. Anexos..... | 53 |
| 8.1. Tabela de pontos | 53 |
| 8.2 Tabelas aplicadas para o cálculo de densidade de fraturas (DN) e penetratividade (DL)..... | 56 |

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU) no período entre os anos 1900 e 2000 o crescimento no número de desastres naturais foi de 56% (UNISDR, 2004). No Brasil, os tipos de desastres naturais mais frequentes são as inundações e os escorregamentos, com 61,8% e 15% dos registros, respectivamente. Os bancos de dados globais indicam que houve um significativo aumento na frequência de desastres naturais, principalmente depois da década de 1950. Há praticamente um consenso de que esse fato deve-se à grande vulnerabilidade e exposição da população a esses eventos, principalmente aquelas moradias situadas em áreas de risco (MARCELINO *et al.*, 2006). Os grandes desastres naturais ocorridos na década de 1990 superaram em três vezes os eventos da década de 1960 (UN-ISDR, 2004).

Os movimentos de massa são processos naturais que se destacam pelos grandes danos sociais e econômicos que ocorrem com frequência anual. Esse fenômeno natural é influenciado por fatores geomorfológicos, geológicos, pedológicos, hidrológicos, climáticos e pela cobertura e uso do solo. Entre as variáveis geomorfológicas, a declividade e as curvaturas vertical e horizontal da topografia das encostas são consideradas importantes condicionantes para a ocorrência desse processo, uma vez que estão diretamente relacionadas com a velocidade de deslocamento e à concentração/dispersão de sedimentos (LOPES *et al.*, 2011). Porém estas condições são muito influenciadas pela geologia do terreno. Deste modo, este trabalho visa identificar as condicionantes geológicas, como litologia e estruturas como foliação, falhas e juntas quando existentes.

A situação da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro é geologicamente muito particular, caracterizada pela presença de uma diversidade de encostas, com presença de fundos de vales côncavos e convexos.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2011), o município de Nova Friburgo não registrou oficialmente nenhum desastre natural causado por movimentos de massa entre 1991 e 2010. No mesmo período, os municípios vizinhos, Petrópolis/RJ e Teresópolis/RJ, registraram 17 e 7 eventos, respectivamente.

Nos dias 11 e 12 de janeiro de 2011, uma precipitação anômala desencadeou uma série de movimentos de massa na Região Serrana do Rio de Janeiro. Esses

movimentos de massa, denominados pelo DRM e pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) como “Megadesastre da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro”, promoveram significativas alterações da paisagem em Nova Friburgo, como, por exemplo, na região do Córrego d’Antas, que teve um alargamento de sua calha (de 3,50 metros para 8,0 metros) e sofreu um forte assoreamento (DIAS & LIMA, 2012).

Em um período de 24 horas, na sub-bacia do Córrego Dantas, foi registrada uma precipitação que variou entre 180 mm e 220 mm (RAPHAEL, 2012). O grande volume de precipitação concentrado em poucas horas desencadeou movimentos de massa em diferentes tipos de cobertura e uso da terra. A chuva teve início por volta das 03h do dia 11, tendo seu pico às 03h do dia 12 (segundo dados de pluviômetro do SIMERJ).

Nesse desastre natural, que atingiu principalmente as cidades de Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto, oficialmente 918 pessoas perderam a vida e outras 18.000 ficaram desabrigadas. Nas semanas que antecederam os eventos, atuava sobre o Brasil uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a região afetada teve um total acumulado em 24 horas de 300 mm de chuva, enquanto o esperado para o mês de janeiro é de 209 mm (BAGGIO & HORN, 2011).

Segundo Engelbrecht *et al.* (2011), principalmente em países como o Brasil, onde o crescimento das cidades também ocorre em áreas de risco, as ações de prevenção, como o estabelecimento de áreas de suscetibilidade e um efetivo sistema de alerta, se tornam ainda mais importantes. Estas ações podem minimizar os danos dos desastres naturais, tanto em termos financeiros, quanto em perdas de vidas humanas. Além disso, o posterior mapeamento e avaliação da extensão e gravidade do evento são fundamentais para auxiliar os órgãos governamentais no processo de identificação da população afetada e das áreas prioritárias. A partir dos dados obtidos em campo através do mapeamento geológico, é possível obter informações importantes na definição das áreas suscetíveis e na avaliação das áreas atingidas por esse e outros tipos de desastres naturais.

Analisando os dados geológicos desta região, vemos que no segmento centro-norte da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004, 2008), particularmente nesta região, ocorrem rochas gnáissicas e ígneas de composição predominantemente granitoide, geradas nos vários estágios de desenvolvimento de um orógeno, do período pré ao pós-colisional (Tupinambá *et al.*, 2012). Esse magmatismo está caracterizado por uma significativa ocorrência de granitos, cuja natureza é, sobretudo, sin-colisional, uma vez

que corpos graníticos tardi a pós-orogênicos têm menor expressão areal (Barbosa & Grossi Sad, 1985; Penha *et al.*, 1979; Mendes *et al.*, 2002, 2007; Junho, 1993; Junho & Penha, 1985; Tupinambá *et al.*, 2012).

No Estado do Rio de Janeiro, um batólito granítico mencionado por Grossi Sad *et al.* (1980) se estende por ambas as vertentes da crista principal da Serra do Mar. Os mesmos autores afirmaram que o este corpo alcança mais de 140 km de extensão, desde o vale do Rio Guandu até um pouco ao sul das cidades de Cordeiro e Cantagalo, também situadas no Estado do Rio de Janeiro, constituindo a feição dominante do trecho da referida serra, denominada Serra dos Órgãos. Para este corpo foi atribuído o nome Batólito Serra dos Órgãos (Barbosa & Grossi Sad, 1985).

O Batólito Serra dos Órgãos (BSO), em função de sua dimensão, composição e características de alojamento, pode ser comparado a outros corpos ígneos de grande dimensão do Brasil, como por exemplo, os batólitos Angelim, Bela Joana, Serra das Abóboras (Machado & Demange, 1992) e Niterói (Machado & Demange, 1996), todos no Rio de Janeiro, o Batólito Serra da Água Limpa (Vinagre, 2014; Vinagre *et al.*, 2014a e 2014b), na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo e também há batólitos consagrados na literatura, como batólitos andinos da Costa do Peru (Cobbing y Pitcher, 1972; Bussell, 1983; Pitcher *et al.*, 1985; Atherton, 1990) e do Sul da Patagônia (Hérve *et al.*, 2007).

O estudo e compreensão da natureza das rochas e estruturas geradas durante um ciclo orogenético, nesse caso, também pode ser aplicado à determinação de fatores que favorecem a ocorrência de desastres naturais relacionados a chuvas intensas, como as acontecidas em Janeiro de 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro.

Um grande volume de chuva quando associado a ambientes topograficamente acidentados, é componente certo para desastres naturais de grandes magnitudes. Foi o que ocorreu nesta região onde um grande volume de chuva precipitou sobre uma orogênese geologicamente jovem que ainda imprime na região um gradiente topográfico elevado com vales bem encaixados. Tal volume de chuva se ocorre em um relevo formado por um orógeno antigo e bem erodido com gradientes topográficos baixos e vales abertos agiria diferentemente.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente estudo é cartografar geologicamente parte do município de Nova Friburgo e Sumidouro com o intuito de analisar o quanto o substrato rochoso contribuiu para com os movimentos de massa. Para isso foi realizado um levantamento das rochas da região em escala de detalhe, e de suas estruturas como: foliação tectônica, falhas, juntas e demais estruturas quando existentes, gerando um mapa geológico estrutural, na tentativa de correlacionar os movimentos de massa ocorridos na região com a geologia local. Mapa esse que poderá vir a servir de base para futuros estudos de diversas naturezas que visam entender a série de eventos catastróficos ocorridos nessa região em 2011. A descrição petrográfica feita através de lâminas delgadas, visou dar suporte a estudos petrogenéticos e trazer entendimento sobre as condições geotécnicas das rochas.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A Serra do Mar se estende do sul da Bahia até o norte de Santa Catarina e a dinâmica de movimentos de massa em sua escarpa tem sido objeto de diversos estudos, (Figura 1).



Figura. 1. Extensão da Serra do Mar.

Fonte: Mapa da ecorregião das florestas da Serra do Mar definida pelo WWF.

A área de estudo em questão corresponde a uma pequena parcela do município de Sumidouro e a Bacia Hidrográfica do Corrego Dantas no município de Nova Friburgo, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, que por sua vez está inserida na Serra do Mar destacada pela recorrência de movimentos de massa, portanto de reconhecida vulnerabilidade ambiental (Figura 2). Desse modo, pressupõe-se a intervenção da geologia como importante instrumento de planejamento, com o intuito de estudar a degradação já em curso, bem como a prevenção de desastres futuros.

Nova Friburgo está a uma altitude de 846 m, entre as coordenadas 22°16'S e 42°31'O. Segundo o IBGE (2010), possui 182.082 habitantes, distribuídos em uma área de 933,4 km². O município de Nova Friburgo é formado por oito distritos:

- 1º distrito Sede (Nova Friburgo),
- 2º distrito Riograndina,
- 3º distrito Campo do Coelho, onde se encontra Corrego Dantas,
- 4º distrito Amparo,
- 5º distrito Lumiar,
- 6º distrito Conselheiro Paulino,
- 7º distrito São Pedro da Serra e
- 8º distrito Mury

Sumidouro, RJ, está localizado na latitude sul 22°02'59" e na longitude oeste 42°40'29". Encontra-se a 355 metros de altitude. A população local é de 15.099 habitantes (2010), e ocupa uma área de 395.516 km², subdividida em quatro distritos: Sumidouro (sede), Campinas, Dona Mariana e Soledade, (IBGE, 2010). O município é vizinho de Nova Friburgo, Teresópolis, Carmo, Sapucaia e Duas Barras.

Alguns bairros de Sumidouro surgiram após a colonização da região do Vale do Rio Paquequer como as localidades de: São Caetano, Corguinho, Porteira Verde, Serra, Turma, Água Limpa, Lambari, Lagoa, Vale dos Pinheiros, Murineli, Vila Lampona e Duas Irmãs (ponto turístico).

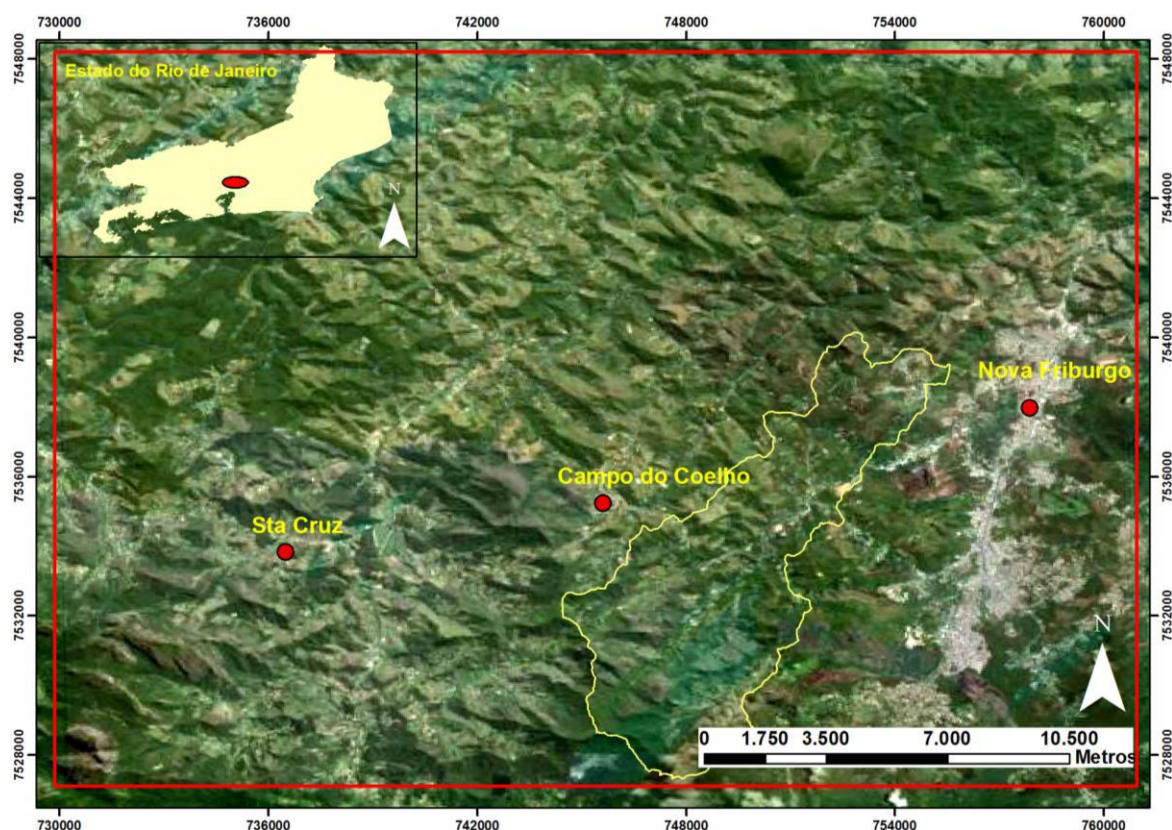


Figura. 2. Localização da área de estudo

3.1.CONTEXTO REGIONAL

A Província Mantiqueira é definida por Almeida *et al.* (1977, 1981) como uma faixa de orógenos neoproterozoicos de aproximadamente 3.000 km alinhada segundo um rumo NE-SW que se estende do paralelo 15° S até o Uruguai. Desde a década de 1970 a província Mantiqueira está subdividida em “maciços medianos” e faixas de dobramentos, já sendo reconhecidas porções de embasamento retrabalhado, cobertura metassedimentar, zonas de cisalhamento transcorrentes NE – SW, e bacias tardias na evolução neoproterozoica da região.

Um das faixas de dobramentos inseridas na Província Mantiqueira é a Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004, 2008), destaque para este trabalho.

A Faixa Ribeira constitui um sistema orogênico de direção NE, que se estende por 1400 km ao longo da costa S-SE do Brasil, sendo limitada ao norte pela Faixa Araçuaí, a W-NW pela porção meridional do Cráton do São Francisco, a SW pela Faixa Brasília Meridional e a sul pelo Cráton Luiz Alves (Heilbron *et al.*, 2004).

A Faixa Ribeira é fruto da subducção para SE da placa São Franciscana e posterior colisão do paleocontinente São Francisco com o arco Rio Negro (Heilbron *et al.*, 2000, 2004). Esta se desenvolveu ao longo de vários episódios de convergência da Orogenia Brasileira-Panafricana durante o Neoproterozoico – Cambriano com estágios finais no Ordoviciano Inferior (Heilbron *et al.*, 2008).

A compartimentação tectônica da Faixa Ribeira estabelecida no seu setor central compreende quatro terrenos tectono-estratigráficos: Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embú e Cabo Frio (Heilbron *et al.*, 2000, 2004; Trouw *et al.*, 2000). Neste setor, os dois primeiros terrenos são separados por uma zona de cisalhamento complexamente redobrada (Limite Tectônico Central-LTC) com mergulhos subverticais a moderados para NW, na porção centro-sul do estado, e mergulhos para SE na porção noroeste. Já o limite basal do Terreno Cabo Frio é representado por uma zona de cisalhamento de baixo ângulo, com mergulho para SE (Almeida *et al.*, 1998; Tupinambá *et al.*, 2000). Os três primeiros terrenos foram amalgamados entre ca. 605 e 570 Ma (Machado *et al.*, 1996; Heilbron & Machado, 2003), enquanto que o Terreno Cabo Frio foi acrescido ao final da colagem orogênica, em ca. 530-510 Ma (Schmitt *et al.*, 2003). O Terreno Ocidental corresponderia à paleoplaca inferior (Placa Sanfranciscana), e o Terreno Oriental a placa superior, na qual se instalou o arco magmático, Rio Negro. Para leste,

por trás do Terreno Oriental, o fechamento do espaço *back-arc* resultou na colisão com a paleoplaca do Terreno Cabo Frio.

Segundo os autores do relatório sobre a Geologia e Recursos Minerais da Folha Nova Friburgo, desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil em parceria com a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), existem três episódios tectônicos marcantes registrados na região sudeste brasileira. O primeiro episódio, a amalgamação do Supercontinente Gondwana, registrado em rochas do embasamento, desenvolveu-se no período compreendido entre o Neoproterozoico e o Cambriano, resultando na edificação do Orógeno ou Faixa Ribeira. O segundo, está associado a ruptura do supercontinente, a abertura do Oceano Atlântico Sul e a implantação das bacias marginais petrolíferas do Espírito Santo e Campos. O terceiro episódio resultou em importante reativação tectônica da margem sudeste brasileira, culminando na implantação do sistema de Riftes do Sudeste, contemporâneo ao extensivo magmatismo de caráter alcalino de idades Eocretácea a Eocênica.

A região serrana fluminense, que é a região de interesse para este trabalho, está localizada no Terreno Oriental da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004, Machado & Heilbron, 2003). Neste terreno tectônico as rochas mais antigas são paragneisses meso a neoproterozoicos. Os ortogneisses são produtos do metamorfismo das rochas ígneas mais antigas aflorantes na região, geradas entre 630 e 600 milhões de anos atrás (Tupinambá *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003). Segundo Tupinambá *et al.* (2012), ao final da evolução a exumação tectônica do conjunto teria originado um colapso tectônico, com a consequente intrusão dos granitos pós-colisionais.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na realização do trabalho foi a usualmente aplicada aos mapeamentos geológicos. Pode ser dividida em três etapas: a primeira caracterizada por trabalhos de escritório, a segunda por trabalho de campo e a terceira por trabalho de laboratório.

No escritório foram realizados levantamentos bibliográficos com a utilização de relatórios, artigos científicos, aquisição de mapas topográficos, tanto impressos quanto digitais.

A etapa de campo contou com as idas até a área de estudo, onde foram percorridas estradas pavimentadas e não pavimentadas, sendo que as trilhas e caminhos foram explorados sem o auxílio de qualquer meio de transporte auxiliar para a confecção do mapa geológico em escala de detalhe (1:25.000).

Nessa fase foram realizadas:

- Descrição e identificação macroscópica de rochas com auxílio de lupa monocular;
- Medidas de atitudes das estruturas com o uso de bússola Brunton;
- Determinação de coordenadas segundo a *Projeção Transversa Mercator – UTM* com o uso de GPS, utilizando como *datum* horizontal *SIRGAS 2000* e vertical o maregráfo de Imbituba,SC;
- Levantamento de fraturas, para posterior aplicação do método de Davis 1984, através da utilização de trena;
- Coleta de amostras para análises petrográficas, onde foram realizadas o preparo de lâminas delgadas sendo as amostras devidamente identificadas e quando necessário fotografadas.

Foi priorizado o mapeamento geológico na bacia hidrográfica do Córrego Dantas, pois foi onde ocorreu o maior número de movimentos de massa com prejuízos significativos.

Na etapa de laboratório, foram utilizados microscópios petrográficos da marca Carl Zeiss modelo axioplan equipados com luz polarizada e objetivas com aumentos de 2,5 a 20 vezes. A confecção das lâminas foi realizada no Laboratório de Laminação da UFRJ. Foram descritas 12 lâminas.

De posse do mapa geológico elaborado em diversas idas ao campo, este foi digitalizado e trabalhado em um *software de SIG (Sistema de Informação Geográfica)*, nesse trabalho foi utilizado o *ARCGIS*, plotando os pontos visitados, atitudes das foliações e fraturas e falhas quando presentes.

No item 5.3 será detalhada a aplicação do método de Davis (1984) nos três afloramentos que foram escolhidos. Estes afloramentos foram escolhidos seguindo os critérios de representatividade da litologia mapeada, da disponibilidade do espaço físico para utilização do método, já que são traçados vários círculos no afloramento e por fim a segurança pessoal para aplicação deste método “*in loco*”.

Com o levantamento das fraturas foi aplicado o método de Davis (1984). Este método consiste no levantamento de fraturas por inventário, através de círculos com diâmetro definido (neste trabalho: 1m), centrados em uma linha sobre os afloramentos de rocha, espaçados a cada 1,5m entre os centros dos círculos. No interior destes círculos, as fraturas, classificadas por gênese, são medidas, obtendo-se tanto suas orientações como comprimentos. A abundância de fraturas de um dado afloramento é descrita pela densidade de fraturas, calculada dividindo-se o número total de fraturas de todos os círculos pela área total dos círculos e a penetratividade calcula-se dividindo o somatório dos comprimentos de todas as fraturas de todos os círculos em metros pela área total dos círculos.

Equações utilizadas no Método de Davis:

$$Dn = \frac{NF}{A} \quad (1)$$

$$DL = \frac{L}{A} \quad (2)$$

Onde: Dn é a densidade de fratura (1);

DL é a penetratividade (2);

NF é o número total das fraturas de todos os círculos;

A é o somatório das áreas dos círculos em metros;

L é o somatório dos comprimentos de todas as fraturas de todos os círculos em metros.

Utilizando o *software open stereo*® para o tratamento dos dados estruturais, procurou-se entender as direções preferenciais das foliações tectônicas e fraturas/falhas, construindo diagramas sinópticos de isodensidade e diagramas de rosetas.

O programa é escrito em Python (Python Software Foundation, 2010), uma linguagem de programação de alto nível e multiplataforma. A interface gráfica é programada em wxPython (Smart *et al.*, 2010), o que resulta em visual consistente e com aparência nativa do sistema em que estiver sendo executada. Operações numéricas (como álgebra linear e de matrizes) são realizadas pelo módulo Numpy (Oliphant, 2006) e todas as funções gráficas ficam a cargo da biblioteca Matplotlib (Hunter, 2007), incluindo plotagem dos elementos na tela e a possibilidade de exportar os diagramas em diversos formatos de arquivo (emf, eps, ps, pdf, png, svg).

A entrada dos dados é feita por arquivos de texto simples sem formatação, com valores de direção do mergulho e mergulho/caimento separados por espaços, tabulações ou vírgulas, que aqui neste trabalho foi usado o bloco de notas do *windows 7*, sendo a primeira coluna a direção do mergulho e a segunda o seu caimento, separadas por espaço simples.

O usuário pode abrir mais de um arquivo ao mesmo tempo (ou várias vezes o mesmo arquivo) e sobrepor elementos diferentes de cada conjunto de dados (polos, círculos máximos, contornos etc). A interface gráfica exibe os arquivos abertos em uma estrutura de árvore, similar à de gerenciadores de arquivos ou às “camadas” de programas de ilustração, onde a ordem vertical dos arquivos nas árvores reflete a ordem em que os elementos selecionados serão desenhados.

O programa realiza as operações básicas de plotagem de polos de planos e linhas, círculos máximos, círculos mínimos, contornos de densidade (Figura 1) e diagramas de roseta (Figura 2). Pode-se alternar entre projeção de igual-área (Schmidt-Lambert) ou igual-ângulo (Wulff) a qualquer momento. Um conjunto de estatísticas é calculado para cada arquivo e as grandezas dos autovalores e autovetores são utilizadas para sugerir se os dados estão concentrados ao redor de um valor médio (*cluster*) ou se estão distribuídos ao longo de uma guirlanda de círculo máximo. A análise estatística pode ser realizada com diagramas de forma e histogramas. Todos os elementos (pontos, linhas, áreas) podem ter suas propriedades gráficas, tais como: cor e espessura de linha ajustadas.

5. RESULTADOS

5.1. MAPA GEOLÓGICO

Como resultado das campanhas de campo obteve-se o mapa geológico da figura 3b, onde foram mapeadas seis unidades litológicas sendo elas, em ordem estratigráfica da mais velha para a mais nova:

- 1) Granada Biotita Paragnaisse Bandado;
- 2) Ortognaisse Granítico/Granodiorítico;
- 3) Granito Porfirítico Médio;
- 4) Granito Equigranular Fino/Médio e
- 5) Diorito Equigranular Médio;
- 6) Gabro/ Microgabro.

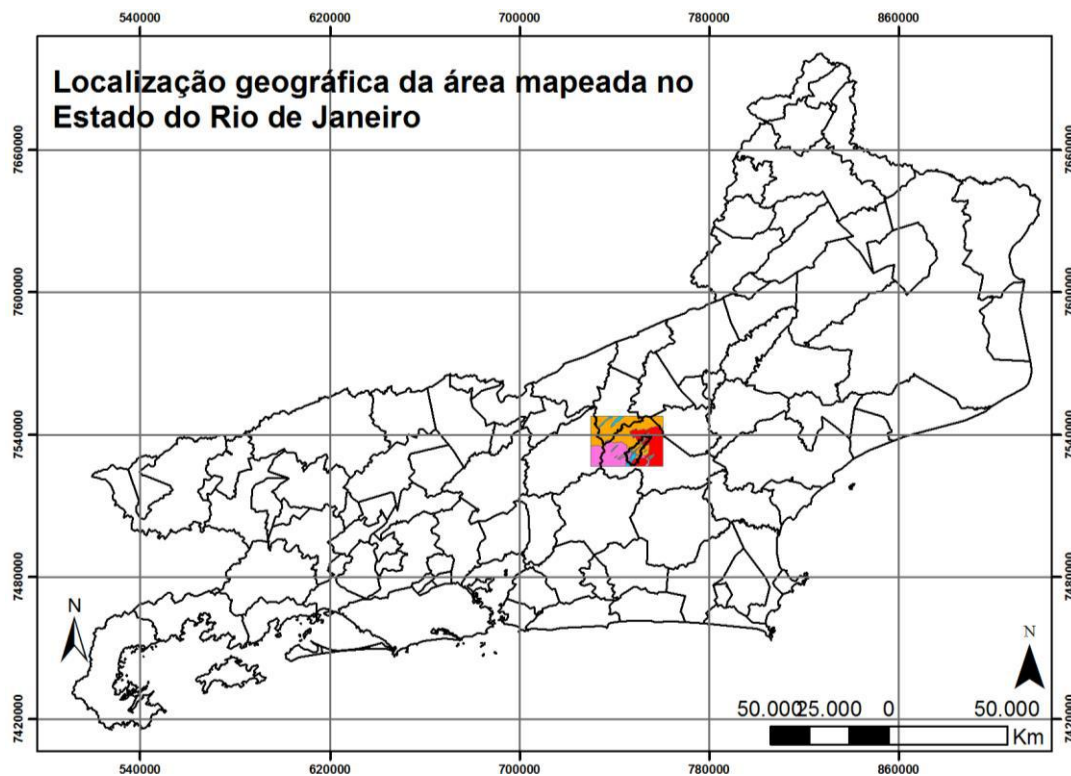


Figura 3a. Localização geográfica da área de estudo no Estado do Rio de Janeiro.

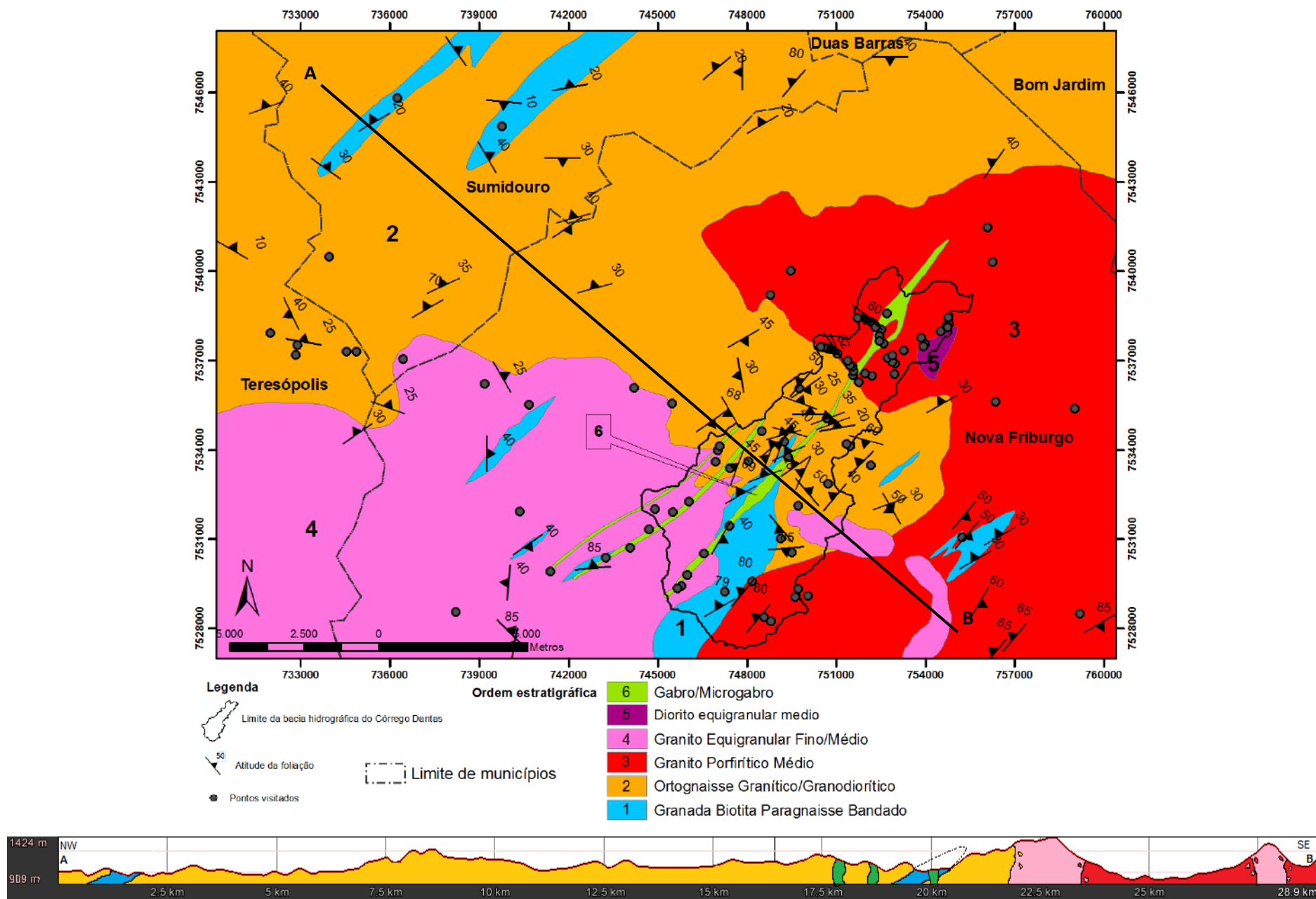


Figura. 3b. Mapa geológico das unidades litológicas.

5.1.1 Granada Biotita Paragnaisse Bandado

O intemperismo é um fator importante na determinação desta unidade, pois, geralmente, encontra-se friável, com médio a alto grau de alteração intempérica, mostrando porções caulíníticas, e cristais de granada alterados.

Esta unidade ocorre normalmente nos fundos de vale, por consequência os afloramentos rochosos são escassos, predominando blocos, matacões e saprólito. É a que tem a menor ocorrência de afloramentos frescos. Geograficamente situa-se na porção centro-sul e a NW da área mapeada, seguindo um alinhamento SSW-NNE. O litotipo clássico desta unidade é um gnaiss de coloração cinza a bege com granulação fina composta por quartzo, plagioclásio, biotita, granada e feldspato potássico, além de um bandamento delgado caracterizado pela intercalação de níveis ricos em biotita com níveis quartzo feldspáticos (Figura 4). Essa unidade possui intercalações raras de rocha cálcissilicática. A foliação tectônica (S_n) é bem marcada pela orientação de biotita (Figura 5a), feldspatos e quartzo. Essa foliação ocorre paralela ao bandamento, e a ausência de fenocristais e sua composição mineralógica enriquecida com granada (Figura 5b) e biotita, sugere que essa rocha seja paraderivada.

O Granada-Biotita Paragnaisse encontra-se migmatizado em intensidades diversas. Há afloramentos onde a rocha está simplesmente foliada (foliação paralela ao bandamento), sem o menor sinal de anatexia, assim como há locais onde o paragnaisse ocorre completamente migmatítico, com grande quantidade de leucossoma quartzo-feldspático e granulação média/grossa, na forma de lentes centimétricas a métricas.



Figura. 4. Granada Biotita Paragnaisse Bandado de coloração cinzenta e granulação fina.

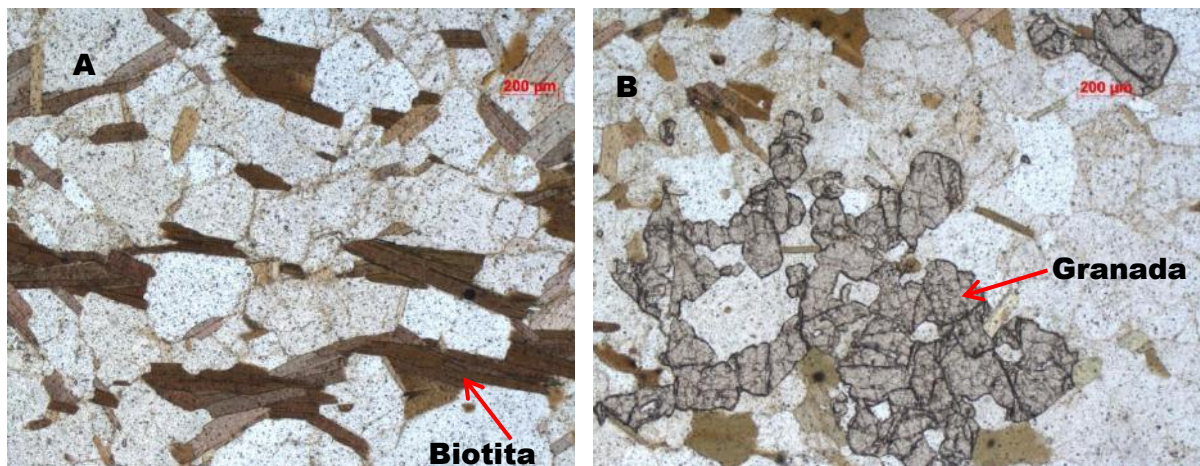


Figura. 5. A) Imagem em nicóis paralelos exibindo cristais de biotita alinhados registrando uma foliação tectônica/ metamófica na rocha. B) Cristais de granada.

5.1.2 Ortognaisse Granítico/Granodiorítico

Este gnaisse predomina largamente na região, ocupando mais de 50% da área mapeada. Apresenta variações de cores amarela e cinza, devido provavelmente a coloração dos feldspatos pela ação intempérica.

O ortognaisse em questão é uma rocha leucocrática (I.C. entre 7 e 12%) de granulação grossa com textura inequegranular xenomórfica/hipidiomórfica localmente porfirítica. Os fenocristais são de k-feldspato alongado com tamanhos variando entre 1,5 a 2 cm, subédricos com coloração que varia de cinza a rosado. A matriz é constituída essencialmente por K – feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita como principal fase máfica. Como acessórios ocorrem, titanita, epidoto, mica branca, rara clorita e minerais opacos (Figura8).

As estruturas são caracterizadas por uma foliação incipiente com sentido preferencial de mergulho para NW, entre 20° e 35°, podendo estar flexionada para SE/S e mergulhando entre 45° e 60°.

Localmente dentro desta unidade ocorre um outro ortognaisse de coloração cinzenta e foliação bem definida, com raros fenocristais de feldspatos e inclaves máficos (Figuras 7a e 7b).

Alguns afloramentos apresentam escoamento de água superficial por planos de fratura de alívio (Figura 9).



Figura. 6. O ortogneisse de granulação grossa com k-fedspato, plagioclásio, quartzo e biotita.



Figura. 7. A) Ortogneisse Granítico/Granodiorítico com fenocristais. B) Ortogneisse Granítico/Granodiorítico. Os níveis claros são veios quartzo feldspáticos. Fácies sem fenocristais.

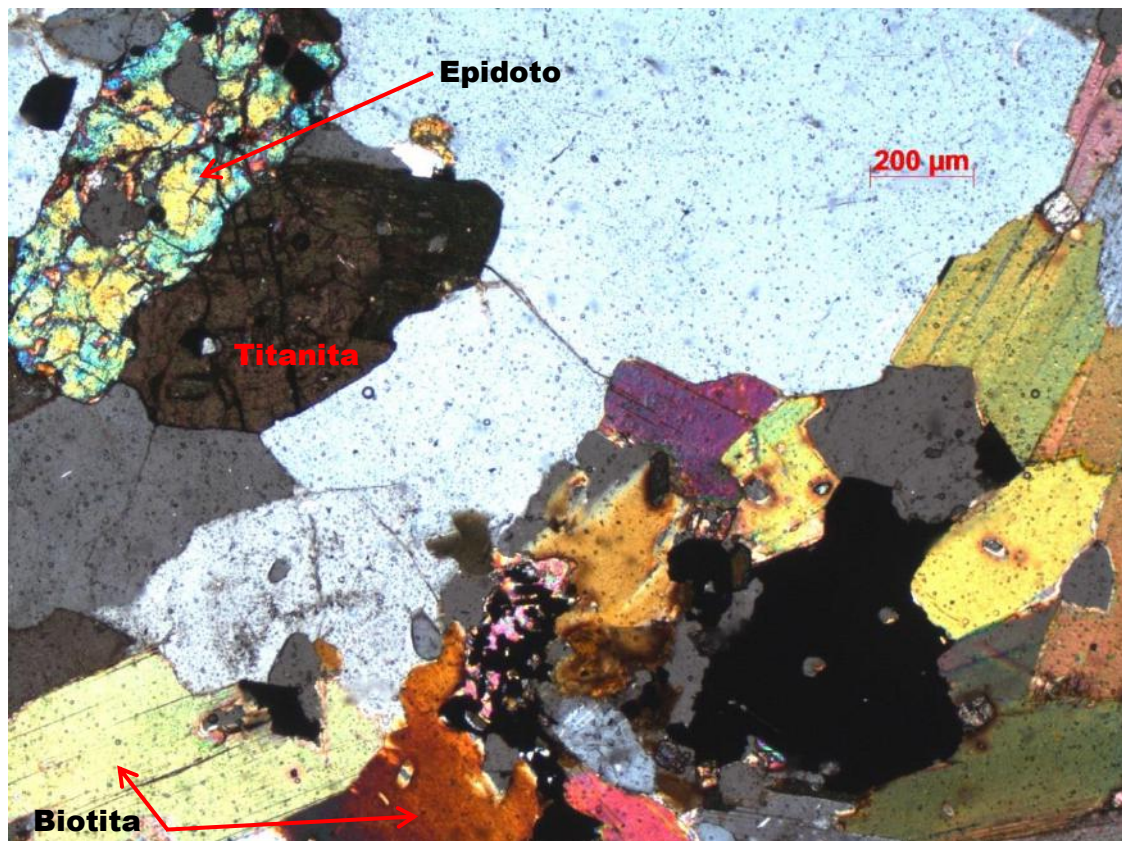


Figura. 8. Imagem com nicóis cruzados mostrando cristais de epidoto, titanita e biotita com principal portadora da fase máfica.



Figura. 9. Afloramento do ortogneisse do tipo lajedo. Observa-se corrida de água superficial pelo plano da fratura de alívio.

5.1.3 Granito Porfirítico Médio

Ocorre na forma de lajedos e cortes de estrada, representam corpos de elevada altitude, como o Pico do Caledônia e Duas Pedras, portanto é um controlador do relevo local. É possível observar na base dos afloramentos blocos rolados, seja por ação antrópica ou por ocorrência natural (Figura 15).

É uma rocha maciça de coloração cinza claro (I.C. por volta de 10%) com granulação média a grossa, e textura inequigranular porfirítica (Figura 10).

É constituído por quartzo, biotita, plagioclásio e feldspato potássico (microclina), sendo estes últimos, também, ocorrendo na forma de fenocristais (entre 1 e 3 cm de comprimento) com coloração cinzenta a esbranquiçada no caso do plagioclásio e cinza a rosa no caso da microclina. Os fenocristais variam sua forma de subédrico a euédrico e compõem cerca de 45% da rocha em relação à matriz. Matriz essa normalmente de granulação média raramente tendendo a fina, é hipidiomórfica, possui uma coloração tipicamente cinza.

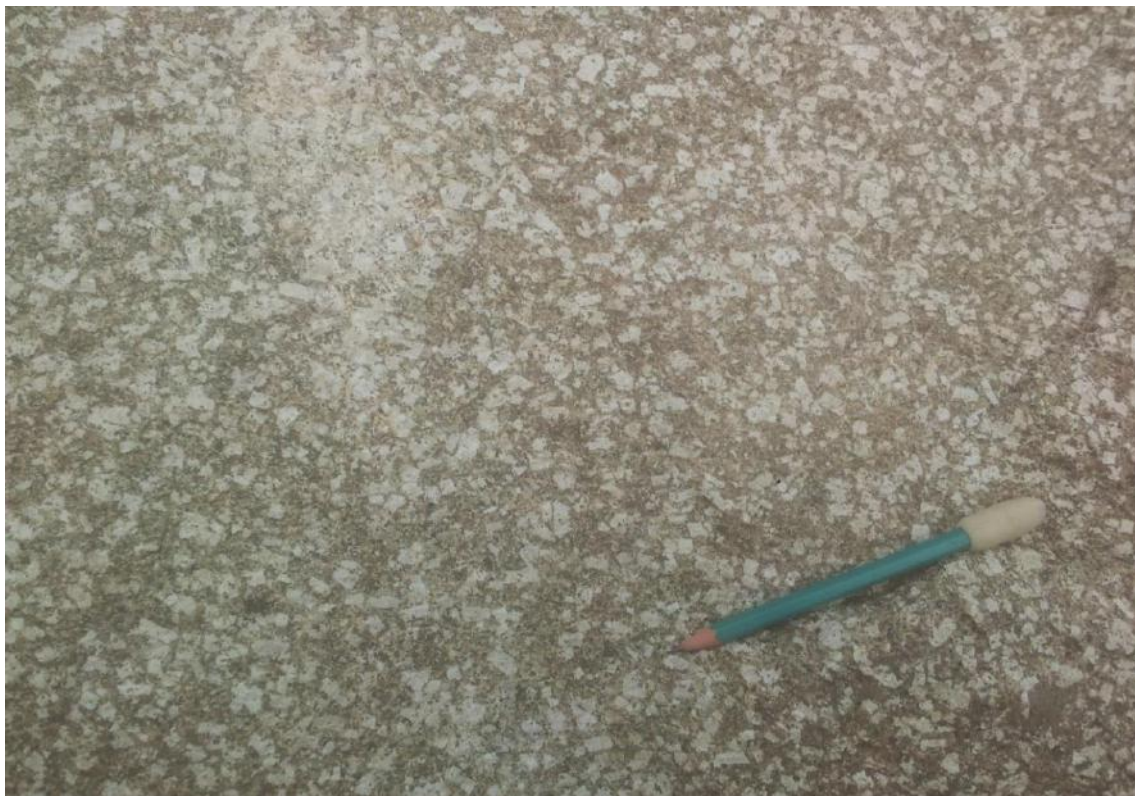


Figura. 10. Granito porfirítico médio com textura isotrópica sendo composta de mais de 50% de fenocristais (feldspatos) de até 1 cm.

Como acessórios ocorrem: titanita e fases opacas (Figura 11). Além desses, são fases secundárias, mica branca e carbonato, substituindo basicamente cristais de K-feldspato e plagioclásio (Figs 12, 13).

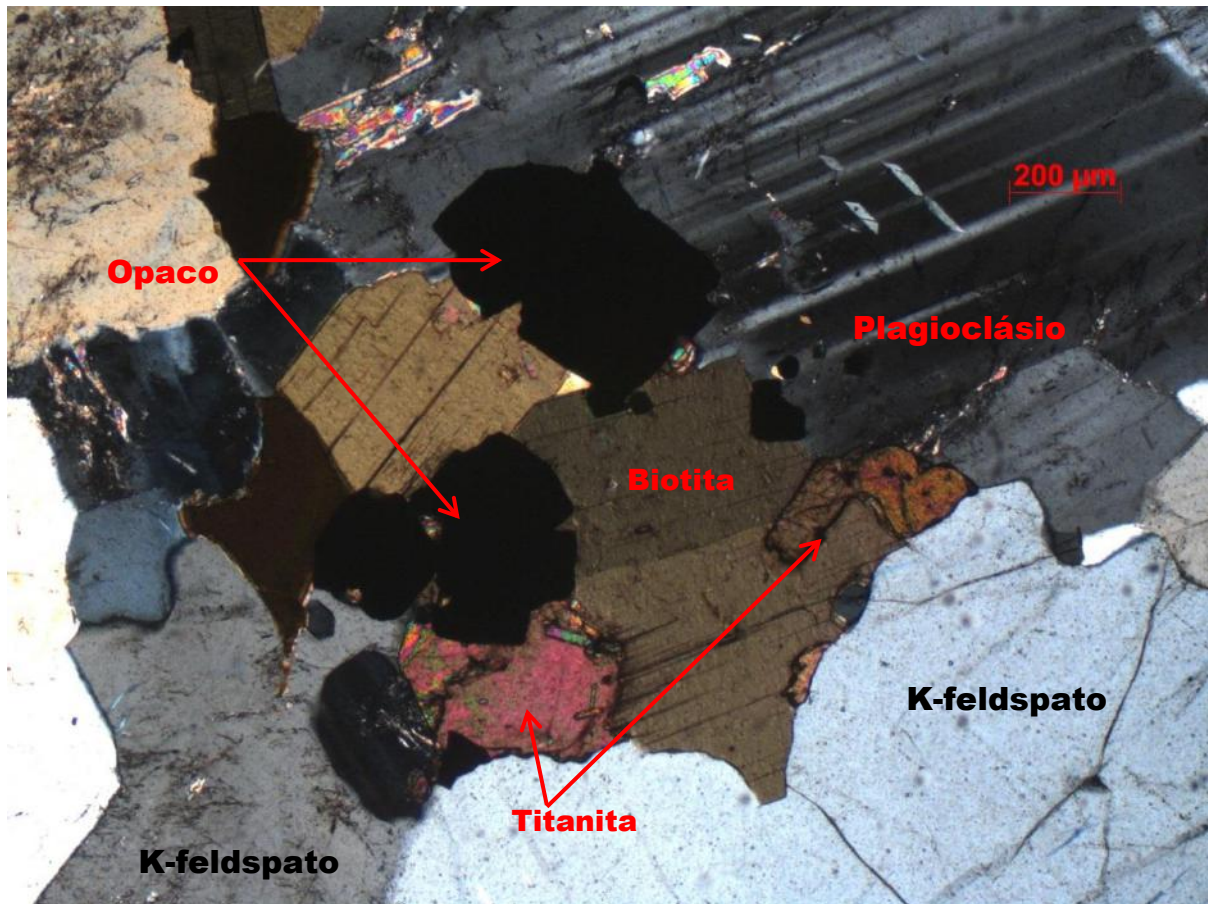


Figura. 11. Imagem com nicóis cruzados.

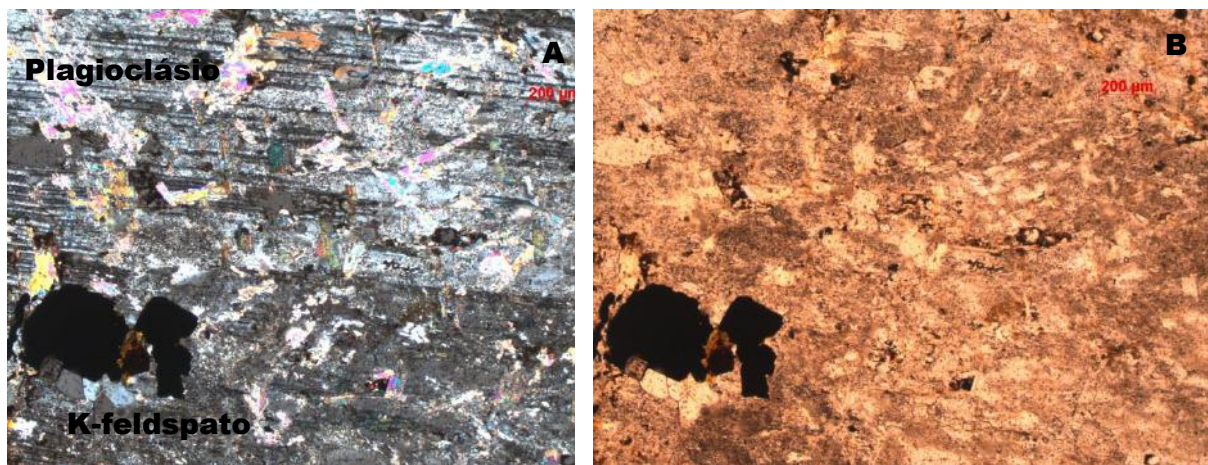


Figura. 12. A), imagem com nicóis cruzados evidenciando a substituição dos feldspatos por carbonatos e mica branca; B), imagem com nicóis paralelos da mesma lâmina.

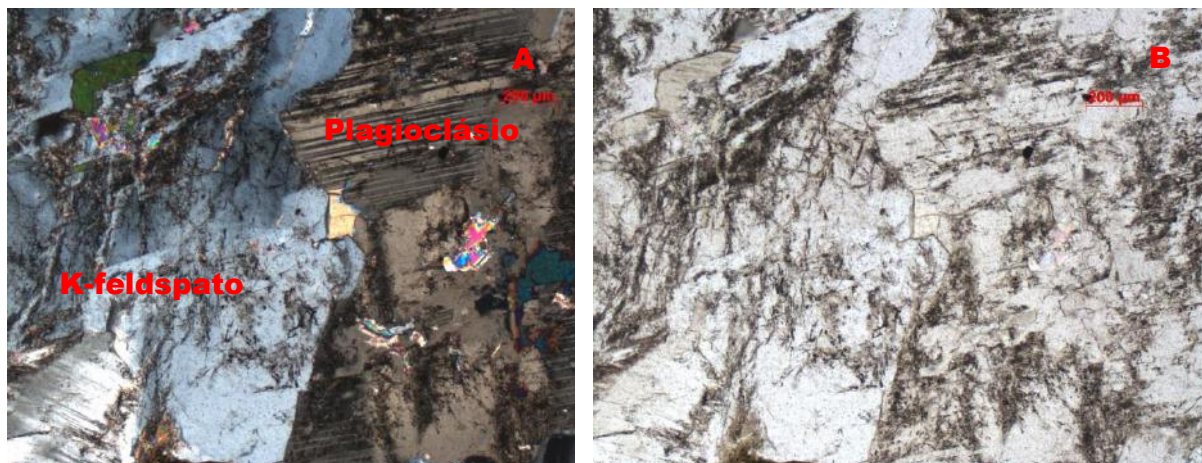


Figura. 13a Imagem com nicóis cruzados evidenciando a substituição dos feldspatos por carbonatos e mica branca; Figura.13b Imagem com nicóis paralelos das mesmas lâminas mostrando o aspecto sujo dado pelo carbonato.

Apesar de muitos afloramentos apresentarem estrutura isotrópica, localmente verifica-se uma foliação incipiente provavelmente conferida por esforços sin-cristalização, sendo o mais provável tratar-se de orientação por fluxo. O que leva a crer que se trata de um corpo tardio em relação ao tectonismo regional. É comum, próximo aos contatos irregulares, a presença de diques nas encaixantes com as mais variadas formas (Figura 14).



Figura 14. Granito Porfírico Médio com evidência de fratura preenchida por dique quartzo-feldspático.



Figura. 15. Blocos rolados no sopé do afloramento de Granito Porfírico Médio. Alguns de ocorrência natural outros por desmonte mecânico.

5.1.4 Granito Equigranular Fino/Médio

Essa rocha é encontrada na porção sudoeste da área mapeada e tanto corta o granito porfírico como ocorre como enclaves no mesmo, o que indica que ambos as litofácies tiveram uma colocação contemporânea. O granito porfírico médio ocorre na forma de lajedo em encostas e cortes de estrada.

O granito equigranular xenomórfico/hipidiomórfico apresenta granulação fina a média e coloração cinzenta com índice de cor na faixa dos 11%. A textura é equigranular (Figura 16). É composto por K – feldspato, plagioclásio, quartzo e pouca biotita, seus minerais acessórios são titanita e opacos e como minerais secundários encontram-se mica branca e carbonato substituindo os K – feldspatos e plagioclásio (Figura 17).

A estrutura é maciça, isotrópica sem sinal algum de deformação ou sentido de fluxo, em alguns afloramentos apresenta alteração intempérica (Figura 18).

A ocorrência de diques desta rocha nas encaixantes, assim como xenólitos e seu contato irregular, leva a crer que se trata de um corpo intrusivo (Figura 19).



Figura. 16. Granito Equigranular Fino/Médio de coloração acinzentada e estrutura isotrópica.



Figura. 17 Imagem com nicóis cruzados mostrando a substituição do carbonato nos feldspatos



Figura. 18. Granito Equigranular Fino/Médio com alteração intempérica e textura isotrópica.



Figura. 19. A) Enclave do diorito no Granito Equigranular Fino/Médio. B) Enclaves do diorito e do ortogneisse no Granito Equigranular Fino/Médio.

5.1.5 Diorito Equigranular Médio

Esta unidade tem uma restrita ocorrência na porção centro-leste da área.

A rocha tem granulação média, índice de cor em torno de 15%, coloração esverdeada e textura equigranular hipidiomórfica. Sua estrutura é maciça, seus minerais

disseminados de forma aleatória nos dá uma trama isotrópica sem sinais de fluxo magmático ou de deformação (Figura 20).

É composta essencialmente por plagioclásio, biotita, clinopiroxênio e anfibólio. A hornblenda desenvolve-se nas bordas dos clinopiroxênios (Figura 21), mas também ocorre como cristais individuais, variando entre 1 a 10 mm. São raros os cristais de K-feldspato e quartzo, além desse são minerais acessórios, titanita, epidoto e clinozoizita (Figura 22).



Figura. 20. Diorito com estrutura maciça e granulação média.

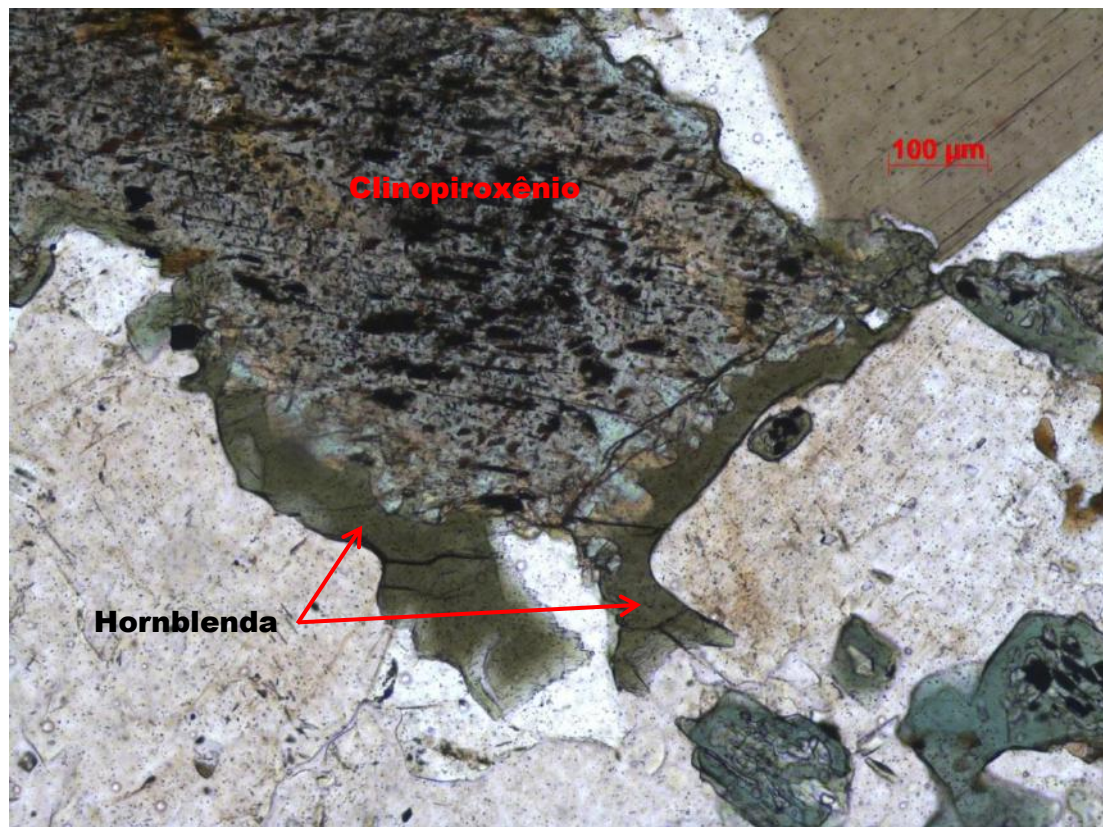


Figura. 21. Hornblenda crescendo nas bordas do clinopiroxênio.

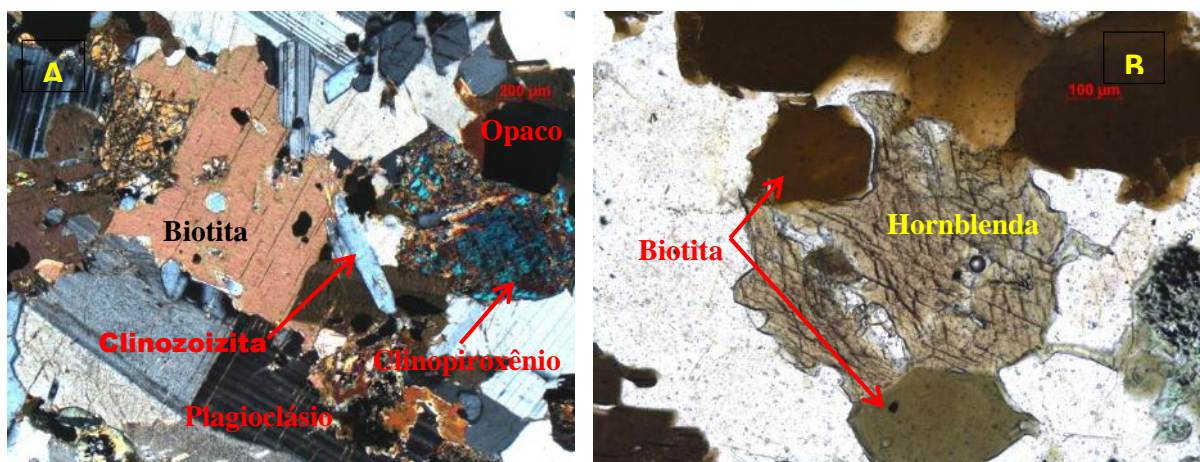


Figura. 22. A) Imagem com nicóis cruzados mostrando a mineralogia desta rocha. B) cristais individuais de hornblenda com crescimento de biotita nas bordas.

5.1.6 Gabro/Microgabro

Aparecem na parte mais central da área mapeada sob a forma de três diques com orientação NE – SW. Tais diques estão relacionados ao enxame de diques de diabásio da Serra do Mar no Mesozoico. Esses diques gabróicos têm seus limites inferidos já que apenas blocos arredondados por esfoliação esferoidal, com até 1 metro de diâmetro, são

observados na superfície envolta a solos escuros e finos, que corroboram o predomínio dessa rocha localmente (Figura 23).

Nenhum sinal de deformação foi observado nesses blocos, assim como nenhuma lineação mineral.

Esses diques são os prováveis agentes entalhadores deste vale. Tais diques possuem espessuras que chegam até a algumas dezenas de metros, sendo que o maior deles além de cortar toda a Bacia Hidrográfica do Córrego Dantas (área em destaque no mapa Figura 3), contém um grande enclave do Granito Porfíritico Médio na porção NE desta bacia.

As rochas dessa unidade são dotadas de uma textura equigranular, xenomórfica/hipidiomórfica, com granulação grossa, no entanto em raros locais apresentam granulação fina podendo ser classificada como diabásio. Possuem I.C. em torno de 45% e cor escura. É composta essencialmente por piroxênio, hornblenda e plagioclásio, tendo minerais opacos como as principais fases acessórias.



Figura. 23. Blocos de gabro/microgabro seguindo um trend NE-SW.

5.2. ANÁLISE DA GEOLOGIA ESTRUTURAL

A região apresenta forte condicionamento estrutural: lineamentos, falhamentos e descontinuidades na formação dos modelados do relevo, onde ocorrem os principais processos erosivos, hídricos e de movimento de massa. Na região configuram-se os vales encaixados em forma de V, típicos de processo erosivo fluvial.

A estrutura dúctil mais frequente é a foliação gnáissica bem marcada (Figura 24) pelo paralelismo de aglomerados milimétricos a centimétricos de biotita que, normalmente, mergulha entre 30 e 60° para NW, podendo ser interpretadas como produto de uma compressão NW-SE com vergência para SE (Figura 25).

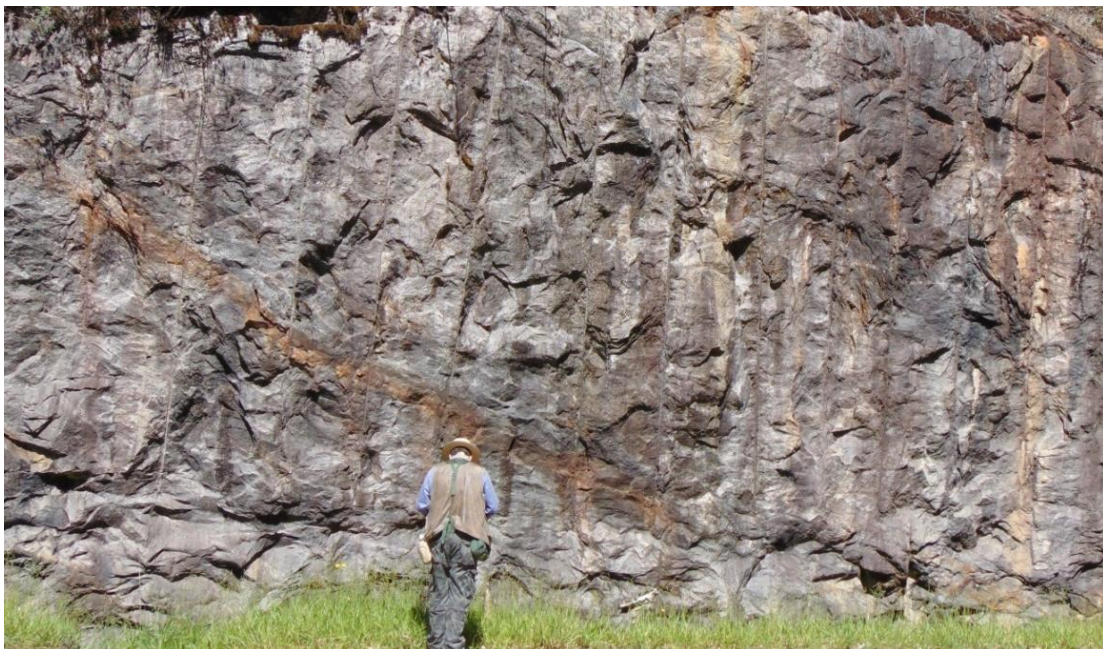


Figura. 24. Ortognaisse Granítico/Granodiorítico com foliação mergulhando para NW.

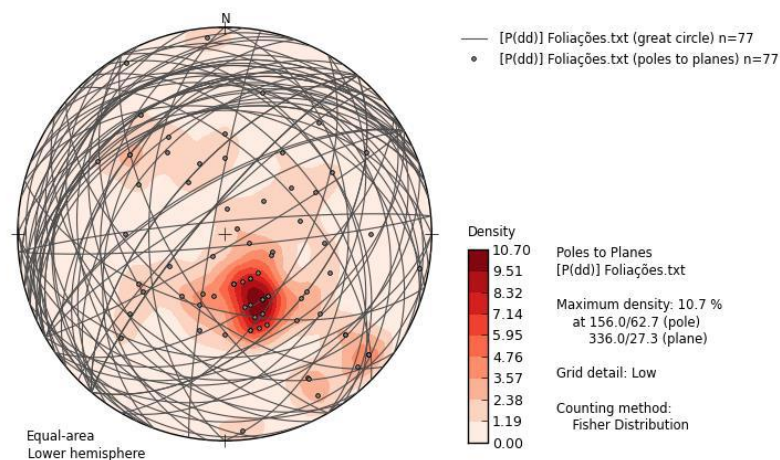


Figura. 25. Estereograma confeccionado no modo *DIP/DIP* com 77 medidas de foliação tectônica. Observa-se a predominância de mergulho para NW.

A deformação dúctil que atingiu parte das rochas da região originou tanto dobras abertas quanto apertadas.

Nas dobras abertas os flancos mergulham tanto para NW como para SE, o plano axial é aparentemente subvertical com rumo NE-SW e tem o eixo caindo para SW.

Já as apertadas possuem flancos paralelos ao plano axial que mergulham acentuadamente para NW com eixo caindo para NE.

Tais interpretações foram feitas a partir de medidas estruturais e após a confecção do mapa geológico estrutural sugerindo se tratar de um antiformal.

Ocorrem também na região uma série de fraturas. Essas fraturas que podem ser classificadas como de alívio de pressão estão relacionadas a descompressão desses corpos por desconfinamento, e as relacionadas a tectonismo, fraturas tectônicas (Figuras. 26, 27 e 28).



Figura. 26. Fraturas de alívio e tectônica.



Figura. 27. Fraturas de alívio e tectônica.

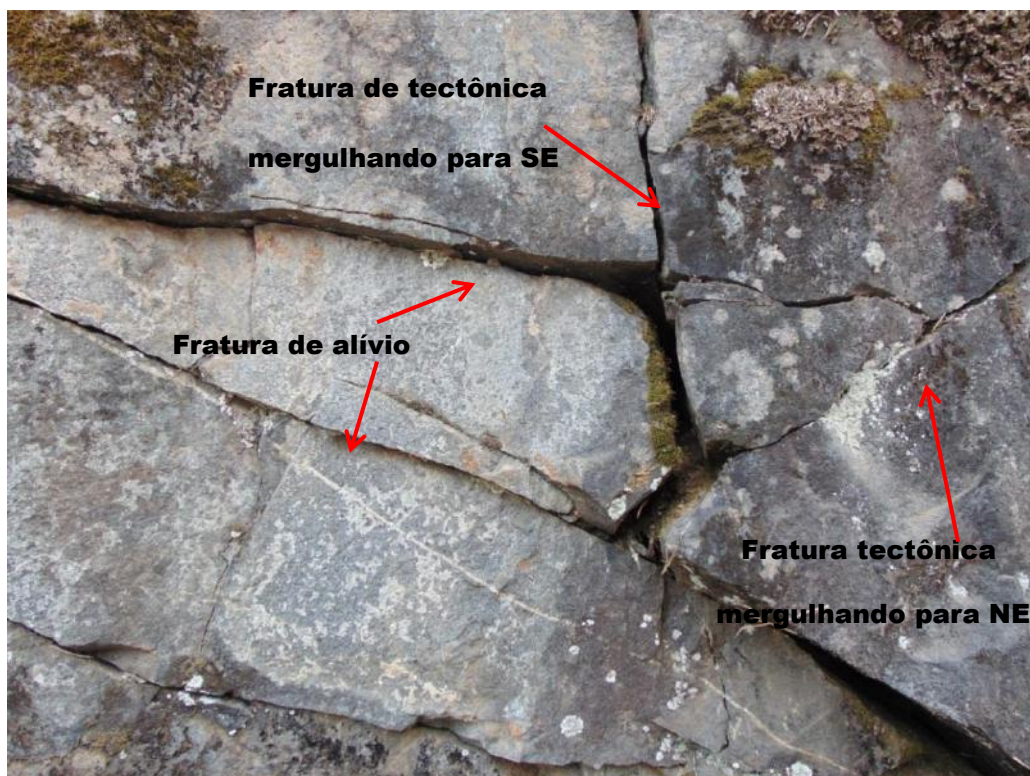


Figura. 28. Fraturas de alívio mergulhando em baixo ângulo e tectônicas mergulhando para NE em moderado ângulo e para SW em alto ângulo.

A maior parte das fraturas tectônicas medidas compõem duas diferentes famílias, uma mergulhando para SE em alto ângulo e outra para NE com ângulos moderados,

(90° e 55° respectivamente), sendo a família predominante a que mergulha para SE (Figura 30).

A maior parte das fraturas de alívio mergulham com baixo ângulo (05-20°) para NW, quando a rocha não apresenta foliação, porém quando há foliação tendem a ocorrerem segundo tais foliações, que neste caso mergulham também para NW, no entanto com ângulos mais altos, entre 30 e 60° (Figura 31).

O total de fraturas com suas respectivas atitudes medidas somam 204, sendo 70 fraturas de alívio e 134 fraturas tectônicas.

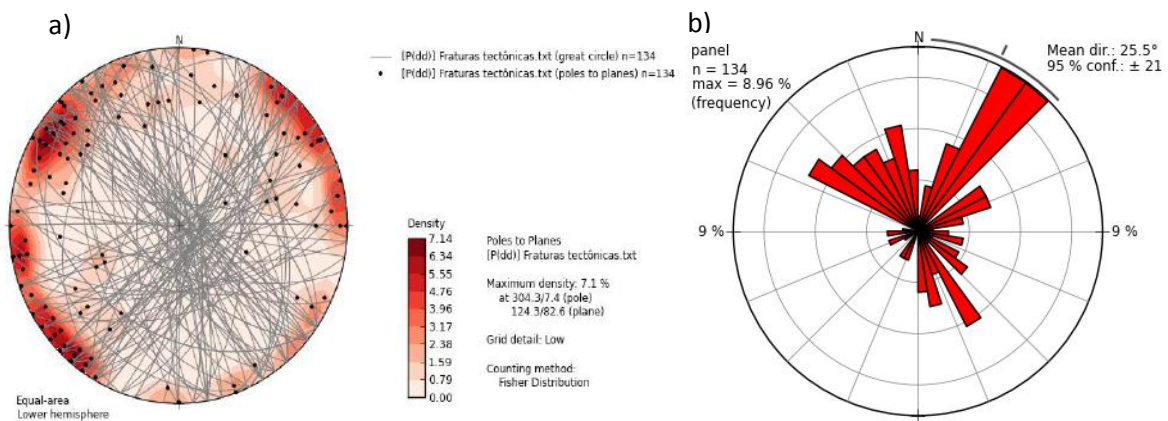


Figura. 30. a) Estereograma contendo todas as fraturas tectônicas em *DIP/DIP*. b) Diagrama de roseta de todas as fraturas tectônicas elaborado na medida de *STRIKE*. Nota-se 2 famílias principais, as que mergulham para SE e as que mergulham para NE.

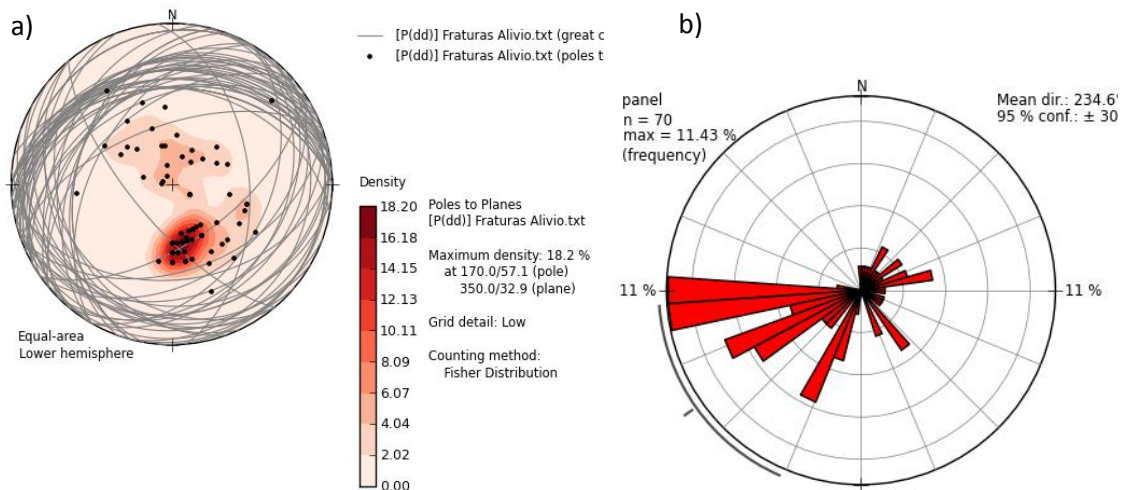


Figura. 31. a) Estereograma contendo todas as fraturas de alívio em *DIP/DIP*. b) Diagrama de roseta de todas as fraturas de alívio elaborado na medida de *STRIKE*. Nota-se a predominância das fraturas de alívio mergulhando em baixo ângulo quando a rocha não apresenta xistosidade.

Observou-se que o rio Córrego Dantas apresenta seu curso inicial com morfologia de canion e um trend majoritariamente NE-SW, que por sua vez coincide com o *strike* das fraturas que mergulham para SE. Estas fraturas se apresentam preenchidas por diques de gabro/microgabro, evidenciando o forte controle estrutural sofrido pelo magma. Tais diques cortam praticamente todas as unidades mapeadas, com exceção do diorito.

5.3. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DAVIS

Visando melhor entendimento da relação da geologia estrutural com os movimentos de massa, isto é, o relacionamento das estruturas (foliações e fraturas) com os eventos acontecidos na região, foram escolhidos três afloramentos (Figura 32) para aplicação deste método, são eles: Ortognaisse Granítico (afloramento 1) e o Granito Equigranular Fino/Médio (afloramentos 2 e 3), pois são as duas litologias de maior abrangência na região estudada.

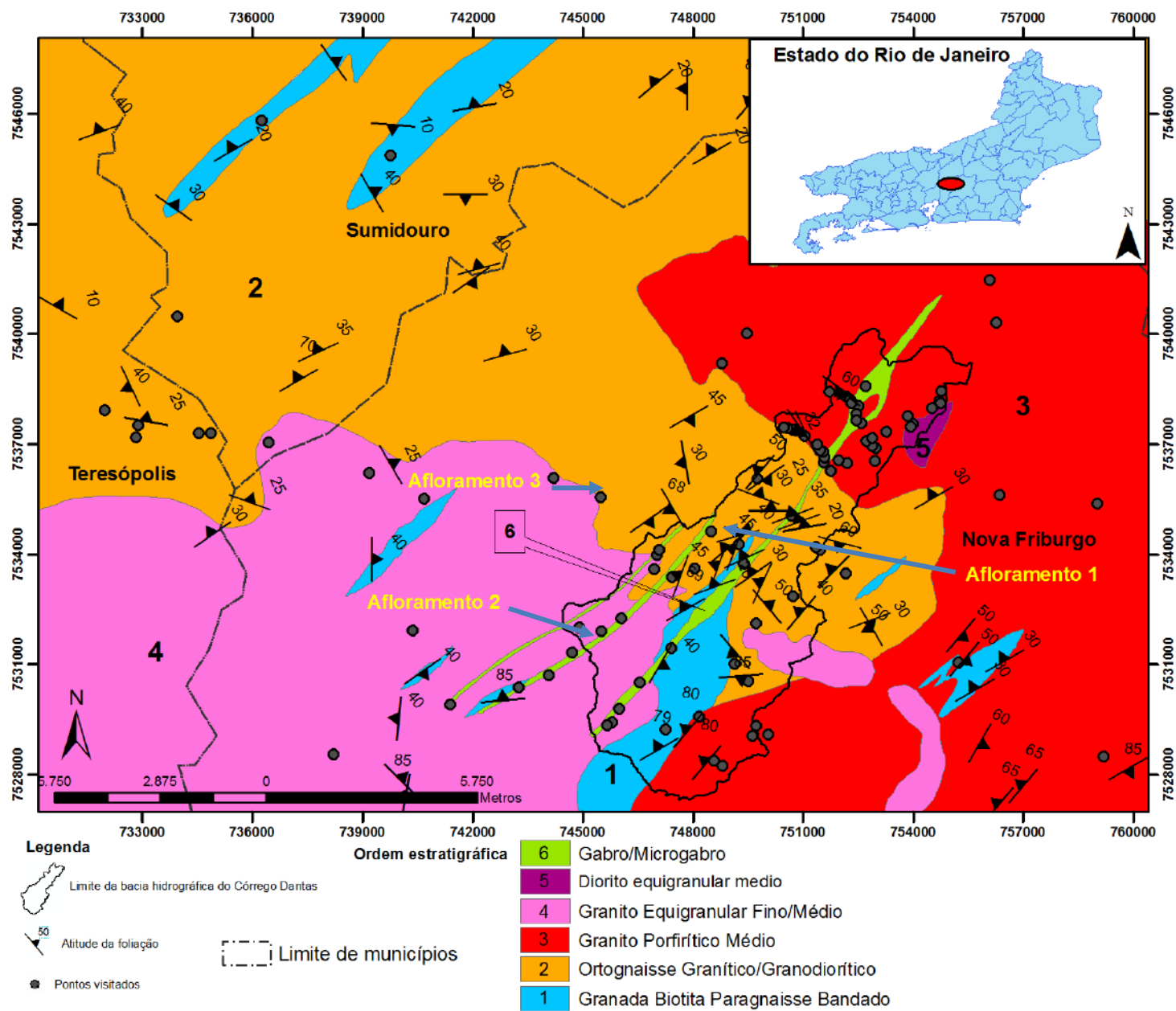


Figura. 32. Localização dos afloramentos estudados.

5.3.1. Afloramento 1

O afloramento utilizado para análise segundo o método de Davis se encontra nas coordenadas 748989/7534201. É um corte de estrada na RJ-130 sentido Teresópolis – Nova Friburgo, cuja litologia estudada é o ortognaisse cinzento com foliação bem definida e enclaves máficos que ocorre associado ao Ortognaisse Granítico/Granodiorítico (Figura 33). Nesse ponto a rocha é marcada por uma foliação tectônica bem desenvolvida mergulhando aproximadamente 40° para NW. Além disso, ocorrem tanto fraturas tectônicas como de alívio (Figs. 34 e 35).

Foram traçados 23 círculos com aproximadamente 1m de diâmetro, a uma distância de 1,5m de centro a centro, círculos estes dispostos em linha reta e com o centro a aproximadamente 1,5m do nível de base. Dentro de cada círculo todas as fraturas (alívio e tectônica) tiveram suas atitudes e comprimentos aferidos.

As fraturas tectônicas compõem pelo menos três famílias distintas, uma predominante mergulhando em alto ângulo para SE, e outras duas em menores ocorrências mergulhando tanto para NE quanto para SW, também com alto ângulo (Figura 36). As fraturas de alívio mergulham para NW normalmente com um ângulo próximo ao da foliação, contudo, há também mergulhos com ângulos menores (Figura 37).

Com as respectivas medidas de atitudes e aplicando as equações já descritas acima, foi calculado a densidade de faturamento (DN) e a penetratividade (DL) obtendo os valores 9,24 e 4,62 respectivamente.



Figura. 33. Afloramento do ortogneisse na RJ-130 sentido Teresópolis – Nova Friburgo.

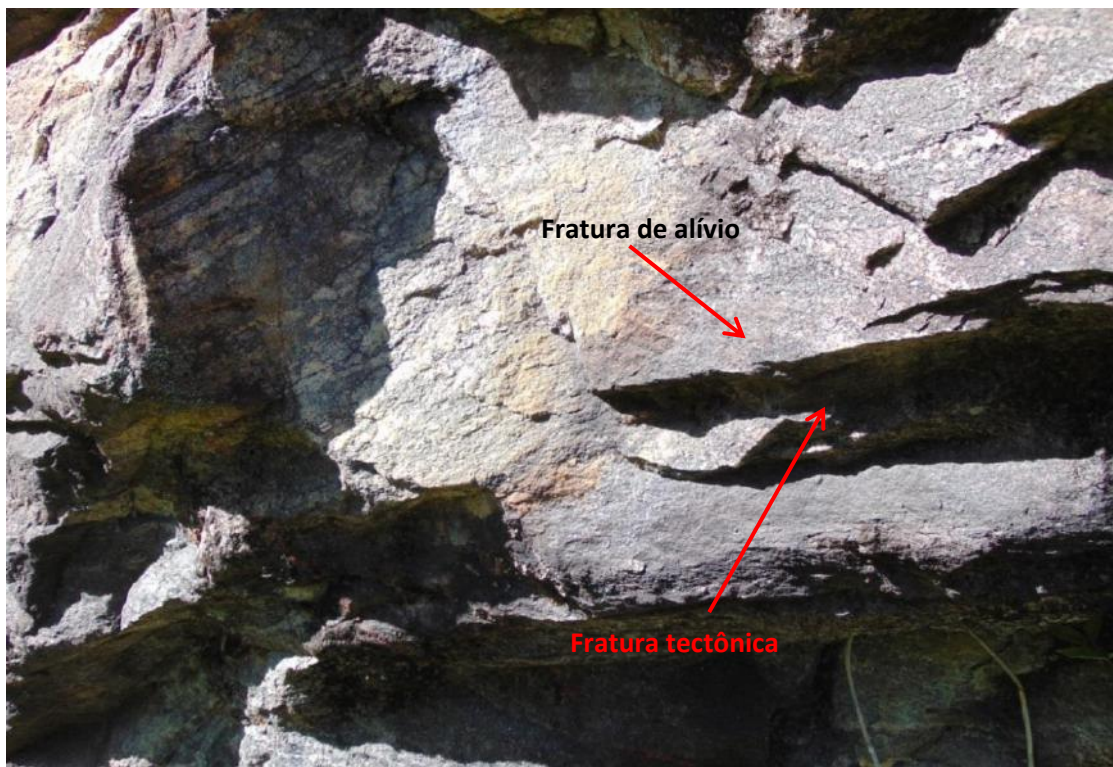


Figura. 34. Fraturas tectônica e de alívio.

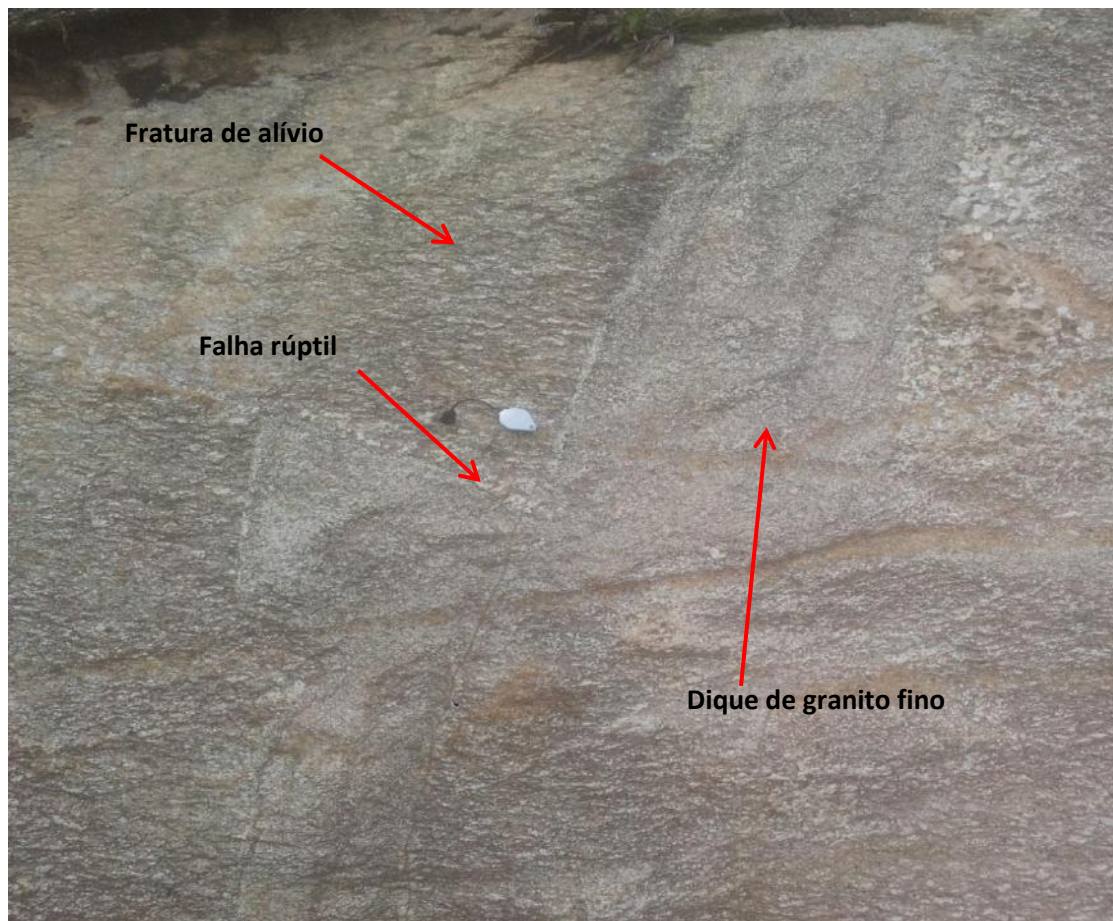


Figura. 35. Plano de fratura de alívio contendo fratura tectônica preenchida por um dique de granito fino e cortado por uma falha rúptil.

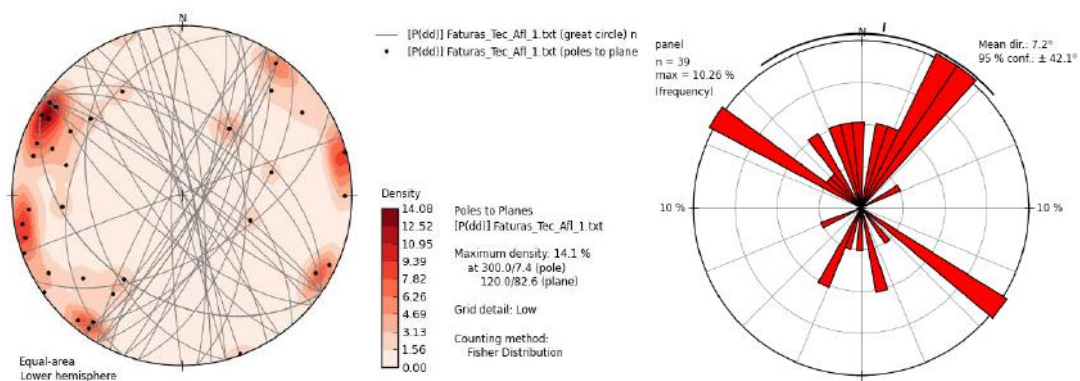


Figura. 36. Estereogramas (*DIP/DIP*) e gráficos de rosetas (*STRIKE*), mostrando o comportamento das fraturas tectônicas no afloramento 1. Percebe-se 3 famílias de fraturas predominando a que mergulha para SE com alto ângulo

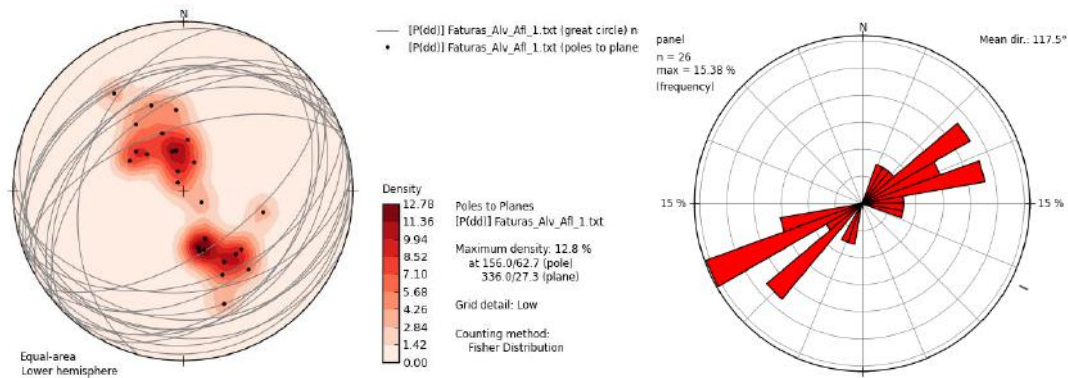


Figura. 37. Estereogramas (*DIP/DIP*) e gráficos de rosetas (*STRIKE*), mostrando o comportamento das fraturas de alívio no afloramento 1 percebe-se fraturas de alívio mergulhando para NW.

5.3.2. Afloramento 2

O afloramento analisado nesta etapa é do Granito Equigranular Fino/Médio que possui estrutura maciça, logo não possui nenhuma evidência de deformação tectônica dúctil. Um exame preliminar feito macroscopicamente não mostra um avançado estado de alteração intempérica, contudo microscopicamente observa-se forte alteração por substituição dos minerais de plagioclásio por carbonato e/ou mica branca (Figura 38).

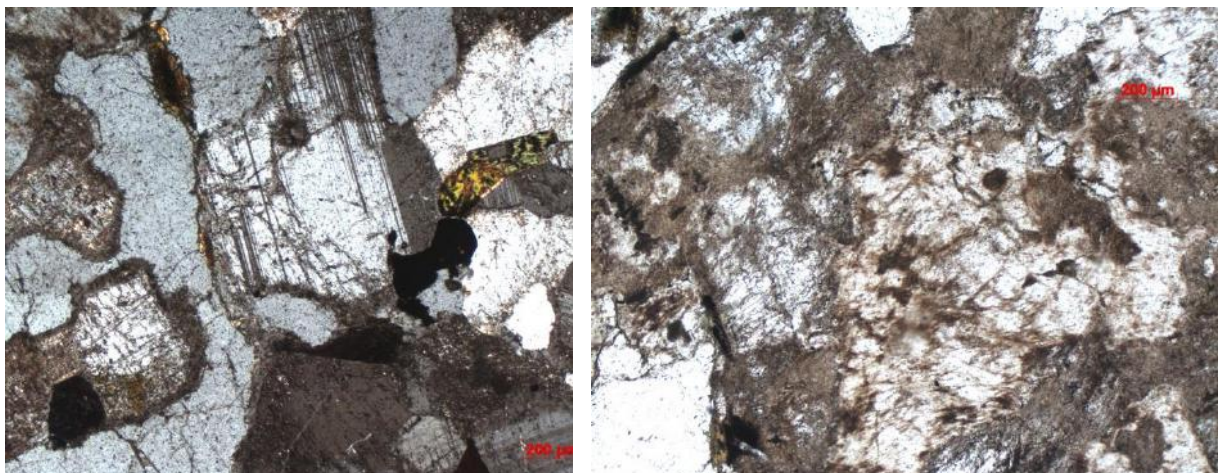


Figura.38. Imagem com nicóis cruzados, onde se observa o avançado grau de alteração do plagioclásio para carbonato dando o aspecto tipicamente sujo nos cristais.

Localizado sob as coordenadas 745509/7531958 na estrada que liga o centro de Friburgo ao bairro Santa Cruz, este afloramento possui uma superfície exposta, em decorrência dos eventos de 2011, na forma de lajedo com aproximadamente 80m de

comprimento ladeira abaixo (Figuras. 39 e 40). Esta superfície é interpretada como uma fratura de alívio com mergulho de 40° para NW.



Figura. 39. Afloramento tipo lajedo do Granito Equigranular Fino/Médio com aproximadamente 80 m de encosta. Vista de baixo para cima.



Figura. 40. Afloramento tipo lajedo do Granito Equigranular Fino/Médio com aproximadamente 80 m de encosta. Vista de cima para baixo.

Neste ponto foram traçados 22 círculos em sistema matricial, isto é, círculos traçados acima, abaixo e dos lados de um círculo central, tendo uma equidistância do centro de cada círculo de 1,5m. O resultado obtido foi $DN= 5,38$ e $DL= 3,62$.

As fraturas quando existentes facilitam, e muito, a percolação de água seja ela superficial ou freática, promovendo alteração química dos minerais primários além de formarem pequenos canais interiores que culminam na saída de água, como por exemplo o da figura 41.



Figura. 41. Saída de água por uma fratura de alívio.

Nas Figuras 42, 43 e 44 vemos a interseção de três fraturas distintas: a de alívio sendo interpretada como a própria superfície exposta e as outras duas tectônicas com alto ângulo de mergulho, uma mergulhando para NE e a outra para SE (Figura 45).

Esta interseção juntamente com a grande precipitação ocorrida torna evidente a participação dessas fraturas para o desprendimento no topo da encosta com o consequente escorregamento.

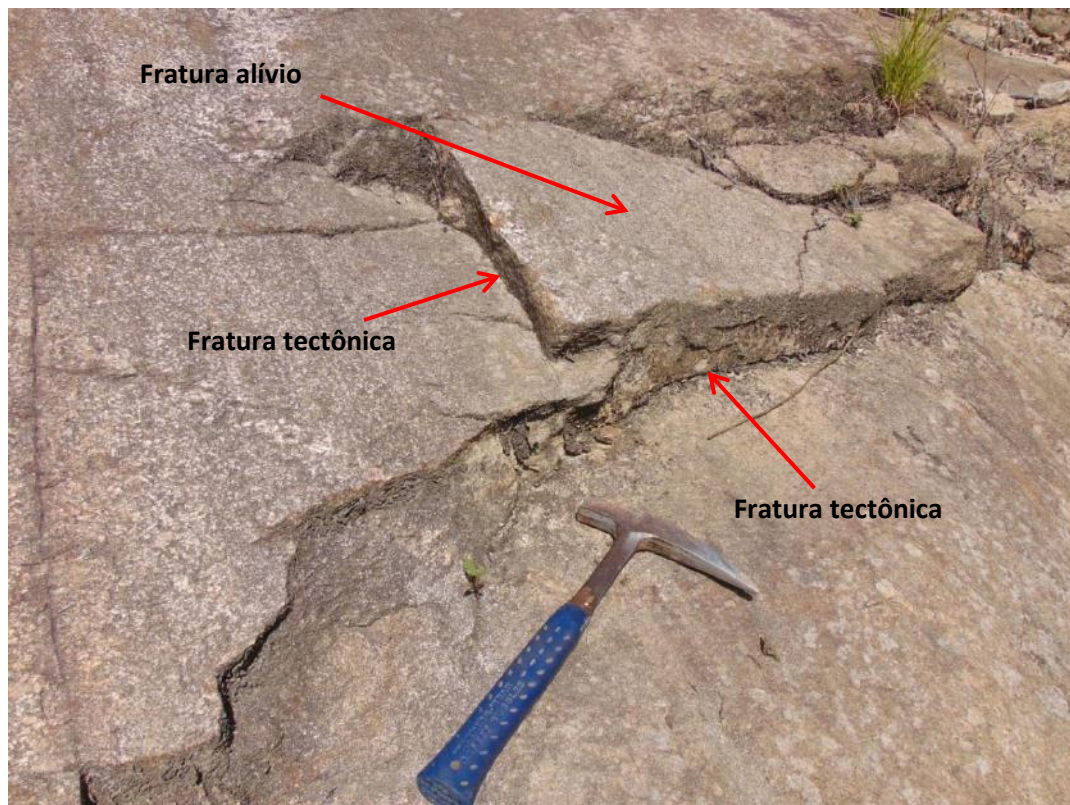


Figura. 42. Fraturas tectônicas mergulhando em alto ângulo e de alívio em ângulo moderado.

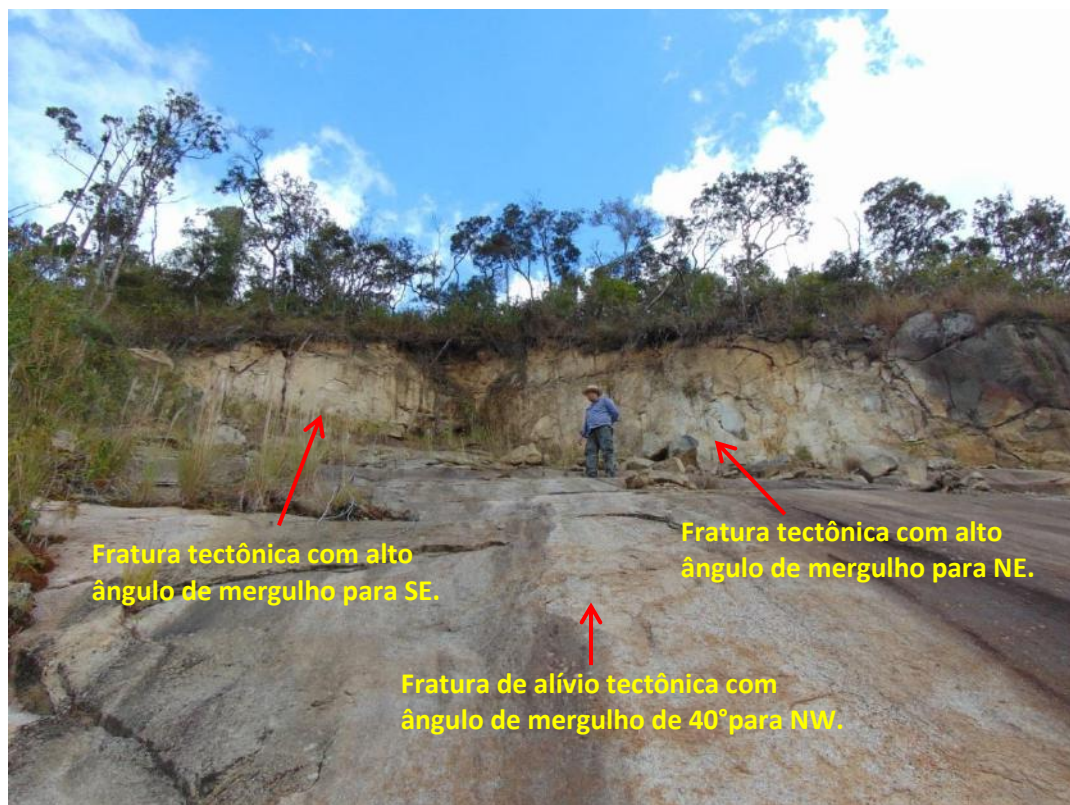


Figura. 43. Interseção das fraturas de alívio e tectônicas no topo da encosta.

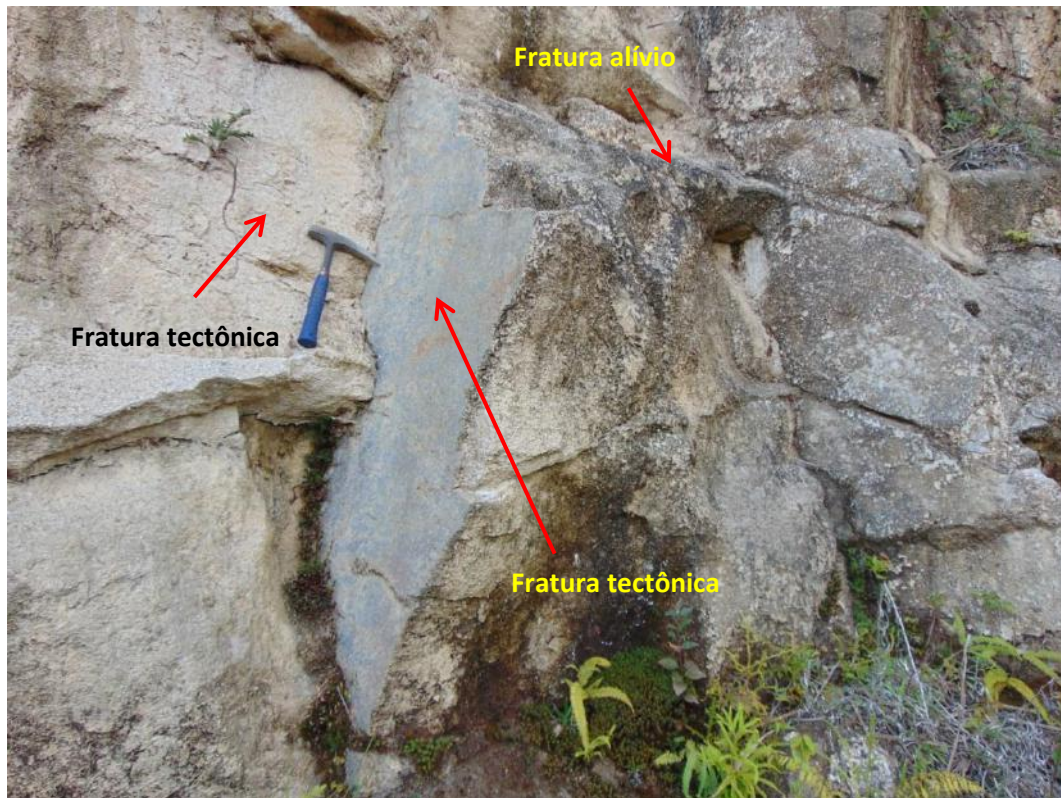


Figura. 44. Detalhe da interseção das fraturas tectônicas e de alúvio.

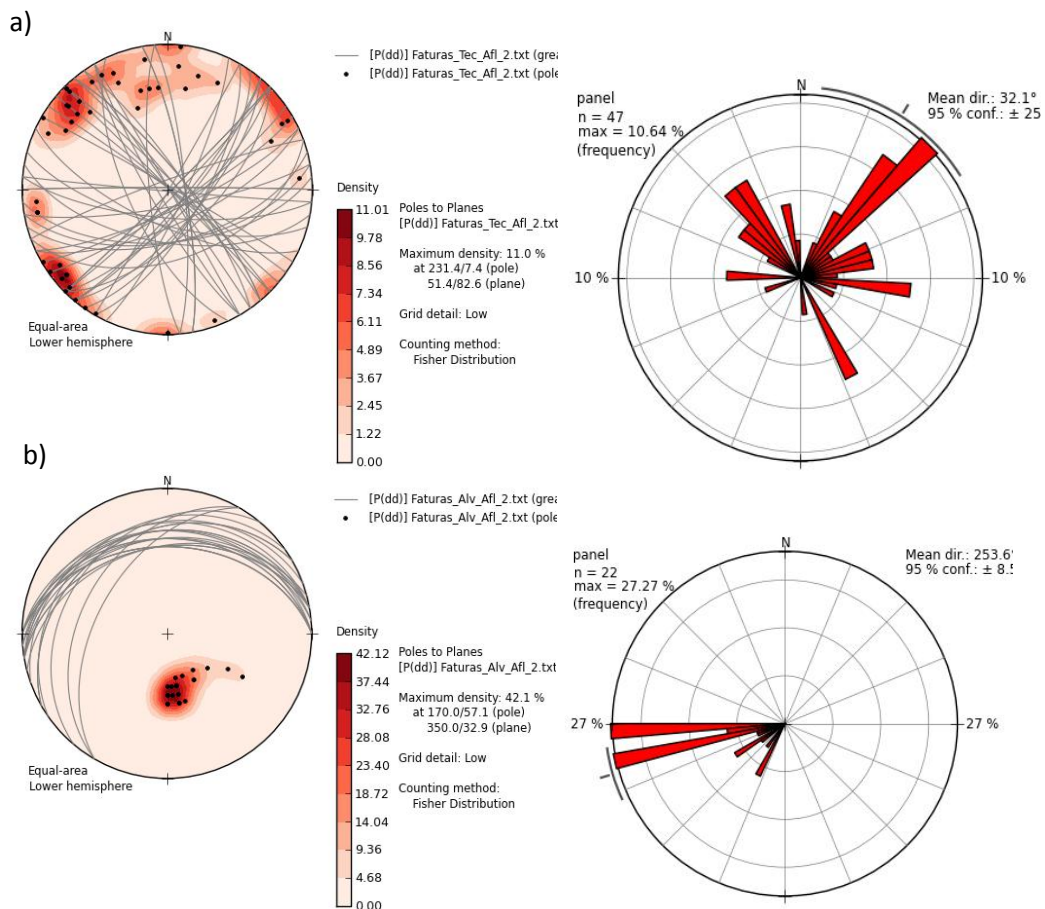


Figura. 45. Estereograma (*DIP/DIP*) e gráficos de rosetas (*STRIKE*) mostrando o comportamento das fraturas no afloramento 2. A) 2 famílias distintas uma mergulha para SE e outra para NW. B) Superfície interpretada como fratura de alúvio mergulhando para NW.

5.3.3. Afloramento 3

Este afloramento é um corte na estrada que liga Teresópolis a Nova Friburgo (RJ130) (Figura 46) nas proximidades do distrito de Campo do Coelho, nas coordenadas UTM 746186 / 7535112. A rocha no local é o Granito Equigranular Fino/Médio contendo xenólitos do Ortognaisse Granítico/Granodiorítico e do Diorito Equigranular Médio.

A maior parte das fraturas tectônicas medidas compõem duas diferentes famílias, uma mergulhando para SW em alto ângulo e outra para NE com ângulos moderados. Já as fraturas de alívio mergulham para NW com baixo ângulo (Figuras 47 e 48).

Neste ponto foram traçados 15 círculos de 1m de diâmetro, espaçados 1,5m de de seus respectivos centros com 1,5m acima do nível de base. Obteve-se o resultado de 7,30 para densidade de fraturas (DN) e 3,80 para penetratividade (DL).



Figura. 46. Afloramento na RJ-130 sentido Nova Friburgo – Teresópolis, onde predomina o Granito Equigranular Fino/Médio.



Figura. 47. Fraturas tectônica e de alívio.

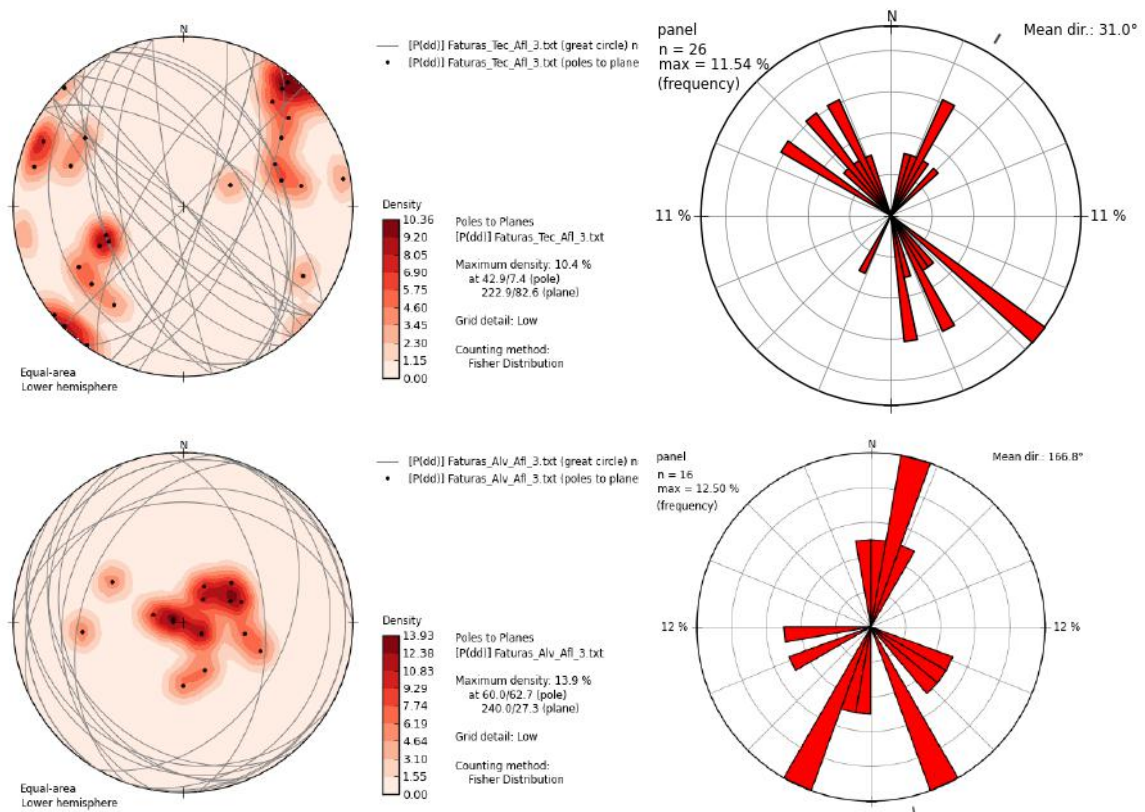


Figura. 48. Estereograma (*DIP/DIP*) e gráficos de rosetas (*STRIKE*) mostrando o comportamento das fraturas no afloramento 2. A) Família predominante que mergulha para SW com alto ângulo. B) fratura de alívio mergulhando para NW com baixo ângulo.

5.4. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DAVIS

Foram encontradas evidências de deslizamento em todas as unidades litológicas aflorantes. Essas apresentam pouca variação em sua composição, com exceção dos diques de gabro/microgabro, sendo em geral rochas quartzo-feldspáticas, tendo como produto da ação intempérica um solo arenoso com pouca ou baixa coesão.

O ortognaisse do Afloramento 1 é o que ocupa grande parte da área mapeada. É a segunda unidade mais antiga da área, segundo a interpretação que originou a coluna estratigráfica (Figura 3), e portanto uma das mais afetadas por processos tectônicos e intempéricos gerando como resultados a maior densidade e penetratividade de fraturamento dentre os afloramentos estudados (Tab.1). Esta série de superfícies penetrativas e contínuas, como foliações, fraturas e etc., colaboram para uma grande percolação de água, acelerando assim os processos intempéricos e erosivos.

O Afloramento 2 foi o que apresentou os menores valores tanto de densidade como de penetratividade das fraturas (Tab.1), contudo houve significativos deslizamentos nesta unidade, isso se deve provavelmente a infiltração das águas superficiais nas discontinuidades (fraturas) (Figura 41), que por sua vez acentua os processos de alteração e a conseqüente erosão das rochas em seus planos e faixas de influência. A presença de água gera poropressões nos planos das discontinuidades o que pode condicionar a ocorrência de rupturas em taludes de rocha e solo residual.

Outro fator que colaborou efetivamente nos deslizamentos ocorridos nesta litologia foi sua associação mineralógica, uma vez que esta rocha está repleta de mica branca secundária alterado a partir dos feldspatos. Isto provavelmente se deu pela percolação de fluidos não muito quentes. Estas micas são mecanicamente mais frágeis e os carbonatos mais solúveis em água, seja ela meteórica ou freática, levando ao desmantelamento tanto mecânico como químico da rocha.

O Afloramento 3 apresentou um elevado índice de densidade de fratura (7,30) contra 5,38 do Afloramento 2, embora a litologia seja praticamente a mesma - Granito Equigranular Fino/Médio. A diferença aqui se deve à presença significativa de enclaves do Ortognaisse Granítico/Granodiorítico e Diorito Equigranular Médio. Logo são esses enclaves contribuem com as altas densidades de fraturamento, mas também teve sua contribuição na preservação do relevo, já que são rochas mais resistentes mecanicamente ao intemperismo.

Tabela 1.Densidade e penetrabilidade das fraturas

| | Afloramento 1 | Afloramento 2 | Afloramento 3 |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| (DN) densidade de fraturas | 9,24 | 5,38 | 7,30 |
| (DL) penetrabilidade. | 4,62 | 3,62 | 3,80 |

6. CONCLUSÃO

Com relação as unidades de mapeamento, o Ortognaisse Granítico/Granodiorítico pode ser correlacionado em função de suas características de campo ao Batólito Serra dos Órgãos. O ortognaisse cinzento com foliação bem definida e inclaves máficos que ocorre localmente associado a esta unidade pode ser correlacionado ao Complexo Rio Negro (CRN). Porém, vale lembrar que o foco deste trabalho não visa correlacionar as unidades de mapeamento aos corpos ígneos do BSO ou CRN e sim o estudo estrutural e petrogenético dessas unidades. A associação mineralógica desses corpos é parecida e portanto respondem tanto quimicamente quanto mecanicamente de maneira similar as ações intempéricas.

As rochas que constituem a litosfera, na região, foram submetidas a esforços tectônicos compressivos e transcorrentes de grande intensidade no Proterozóico. Após a última etapa destes processos, houve reativação tectônica distensiva no Terciário, quando ocorreram os grandes falhamentos de caráter regional com direção geral NE-SW, que deram origem à Serra do Mar. O sistema estrutural principal é dado por fraturas subverticais com direção NW-SE e NE-SW que ocorrem na área mapeada.

Essa intensa movimentação tectônica que afetou a crosta terrestre na região em diversos períodos geológicos provocou esses fraturamentos ao longo de planos de foliação e/ou xistosidade das rochas pré-existentes. As fraturas, em muitos casos, sofreram a intrusão de diques básicos, alguns com espessura de até algumas dezenas de metros, como é o caso dos três diques básicos que ocorrem na área. As estruturas presentes na região provavelmente exercem algum tipo de controle nas redes de drenagem, já que a própria bacia do Córrego Dantas segue o rumo NE-SW.

Além das rupturas de origem tectônica já tratadas, outras associadas a movimentos isostáticos da crosta e aos processos erosivos intensamente atuantes são também importantes dentro do contexto estrutural da região, pois representam sistemas de juntas de alívio de tensão em rochas xistosas e/ou foliadas, e de diáclases em rochas homogêneas de natureza granítica.

O substrato rochoso contribui com as suas características litológicas e estruturais para uma maior ou menor suscetibilidade a movimentos de massa. As rochas com xistosidade ou faturamento, quando expostas, são comumente geradoras de problemas de deslocamentos de rochas.

Além da resistência desigual das rochas aos agentes erosivos, a presença da interseção de fraturas (tectônicas e alívio), como mostrado nas figuras 34, 35 e 36 do afloramento 2, também contribui para o desprendimento de blocos além da alteração diferencial das rochas por meio da percolação de água.

Os maciços de granitos e granitóides formam picos elevados e escarpas rochosas que podem liberar blocos com tendência ao arredondamento, ou grandes lascas, em decorrência do fraturamento juntamente com a percolação de água meteórica ou freática e da esfoliação esferoidal, que é o processo erosivo próprio desses tipos litológicos. Tais blocos e lascas, em geral, representam suscetibilidade elevada de acidentes por rolamento ou tombamento, quando localizados isoladamente ou em ninhos no alto ou em meio às vertentes elevadas e com grandes declividades.

Nas seis unidades litológicas encontradas: Granada Biotita Paragneisse Bandado, Ortogneisse Granítico/Granodiorítico, Granito Equigranular Fino/Médio, Granito Porfirítico Médio, Diorito Equigranular Médio, Gabro/ Microgabro, vimos que:

No Granada Biotita Paragneisse Bandado apesar de ser a mais antiga litologia da área mapeada não houve ocorrência de deslizamento por estar localizado nos fundos de vale.

No Ortogneisse Granítico/Granodiorítico, assim como nas outras litologias encontramos um solo abundante em quartzo e pobre em argila. Porém, por ser um dos corpos rochosos mais antigos é portanto uma das mais afetadas pelo tectonismo colisional fazendo com que tenha uma característica distinta das demais rochas. Sendo assim, ocorrem nela por conta disso, uma série de superfícies penetrativas e contínuas, como foliações, fraturas e etc., que colaboraram para uma grande percolação de água, acelerando os processos intempéricos e erosivos. O método de Davis (1984) aplicado nesse corpo vem dar sustentabilidade para tal interpretação, visto que foi a que apresentou maiores valores de fraturas e penetratividade.

No Granito Equigranular Fino/Médio apesar de não haver foliação tectônica e apresentar um valor de DN e DL menor que no Ortogneisse Granítico/ Granodiorítico foram registrados deslizamentos, isso provavelmente se deve a substituição dos cristais primários de feldspatos, principalmente plagioclásio, para mica branca e carbonatos secundários que em presença da água percolada se torna altamente solúvel.

De maneira similar ocorre no Granito Porfirítico Médio, o que explica em parte o porquê desta unidade ter tido um alto índice de deslizamentos, assim como no ortogneisse.

No Diorito Equigranular Médio não apenas por ser a mais jovem não apresentando qualquer tipo de deformação dúctil já que se observa uma estrutura maciça isotrópica, mas por ser uma unidade de pouca expressão na área mapeada não houve registro de deslizamento

Já no Gabro/ Microgabro como foi observado sua ocorrência se dá em formas de blocos são sempre arredondados por esfoliação esferoidal e imersos em solo de coloração escura, normalmente roxo, o que é mais um indicativo da ocorrência de diques no local. Contudo não foram encontrados registros de deslizamento nesta unidade.

Em conclusão, ao sobrepor o mapa de deslizamentos ocorridos na área de estudo, mapa esse elaborado pelo Laboratório de Geo-hidroecologia da UFRJ (GEOHECO), com o mapa geológico fica evidente, como vemos na Figura 49, que a rocha que mais influenciou os deslizamentos foi o Ortognaisse Granítico/ Granodiorítico. Isto corrobora os resultados da aplicação do método de Davis (1984) já que ela foi a que apresentou o maior DN e DL nos afloramentos analisados.

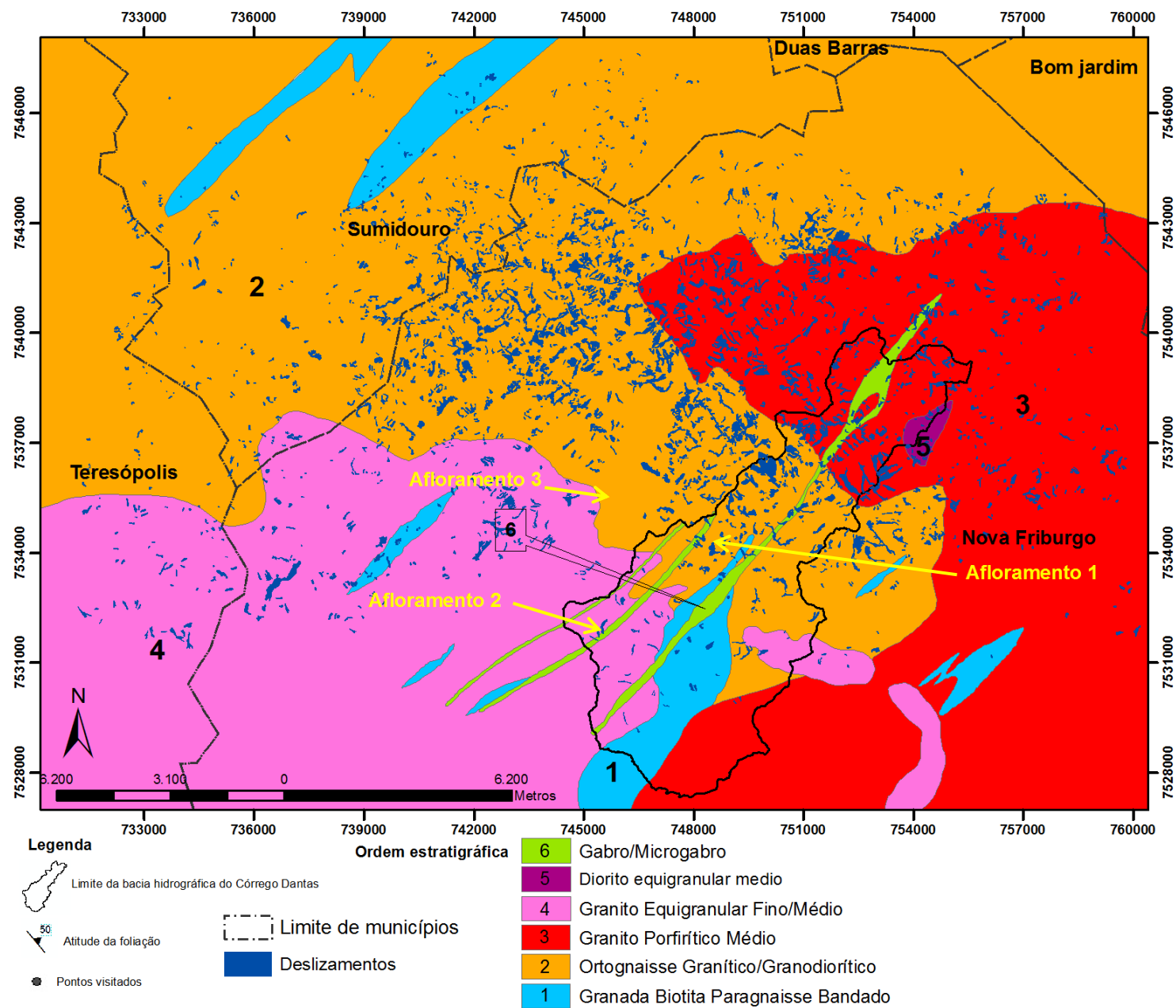


Figura 49. Deslizamentos sobrepostos na litologia mostrando que a maior ocorrência se deu no ortognaisse granítico/granodiorítico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, F.F.M., 1977. O Craton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, v.7 c.4: p. 349-364.

Almeida, F.F.M., 1981. O Craton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SBG, Simpósio sobre o Craton do São Francisco e suas Faixas Marginais, Salvador. Anais..., Salvador, p. 1-10.

Almeida, Julio Cesar Horta de *et al.* 1998, Geometric and kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira belt, Southeastern Brazil, In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39., Belo Horizonte. Anais... Minas Gerais: SBG, Núcleo Minas Gerais.

Atherton, M.P., 1990. The Coastal Batholith of Peru: the product of rifting and recycling of the new crust formed within a rifted continental margin. *Geological Journal*, v.25, p. 337-349.

Baggio, H. & Horn, H.A. 2011 Geological risks in Brazil: The mountainous region of Rio de Janeiro. In: Breitkreuz, C.; Gursky, H.J (org). *Georisk management: a German Latin American approach*. Germany: Technische Universität Bergakademie,.

Barbosa A.L.M. & Grossi Sad J.H., 1985. Batólito granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Contribuições à Geologia e a Petrologia, Núcleo de Minas Gerais – SBGM 1985*, pp. 49-61.

Bussell, M. A., 1983. Crystallization history of granophyric intrusives in the Peruvian Coastal Batholith. *Lithos*, v. 16, p. 169.

Cobbing, E.J. & Pitcher, W.S., 1972. The Coastal Batholith of Central Peru. *Journal of the Geological Society of London*, v. 128, p. 421-460.

Dias, L.F. & Lima, 2012 P.H.F. Mapeamento da espacialidade dos deslizamentos no município de Nova Friburgo – RJ. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 9, Rio de Janeiro, RJ. Anais... São Paulo: UGB,.

Engelbrecht, A.; Jatobá, A.; Silva, A.J.D.; Gomes, J.O. 2011. A análise do trabalho dos meteorologistas na previsão de chuvas intensas no Rio de Janeiro. *Ação Ergonômica*, v.06, n.02, p. 11-17.

Grossi Sad, J., Pinto, C.P., Serpa, J.C., Dutra, J.E., Hettich, M., Andrade, N.E., 1980. Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo. Projeto Carta Geológica do Rio de Janeiro, DRM/GEOSOL.

Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A.C., Campos Neto, M., Silva, L.C., Trouw, R.A.J., Janasi, V.C., 2004. A Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (Eds.), *O desvendar de um continente: a moderna geologia da América do Sul e o legado da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, 203-234.

Heilbron, M.; Mohriak, W.; Valeriano, C.M.; Milani, E.; Almeida, J.C.H. & Tupinambá, M., 2000. From Collision to Extencion: The Roots of the Southeastern Continental Margim of Brazil. In: Mohriak, W.U. & Talwani, M. (Eds), Atlantic rifts and continental margins. Washington, Am. Geoph. Union, Geoph. Monogr. Ser. 115; 1-32.

Heilbron, M.; Valeriano C. M.; Tassinari, C.C.G.; Almeida J.C.H.; Tupinambá M; Siga Jr. O. & Trouw, R.J.A. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: Pankhurst, R.J.; Trouw, R.A.J, Brito Neves; B.B., de Wit M.J. (Eds). West Gondwana Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. The Geological Society of London. London 294, p.211-237.

Hervé, F.; Pankhurst, R.J.; Fanning, CM.; Calderón, M.; Yaxley, G.M., 2007. The South Patagonian batholith: 150 my of granite magmatism on a plate margin. Lithos, v. 97, p. 373-394.

Hunter, J. D., 2007. Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engineering*, 9:90-95. <http://matplotlib.sourceforge.net/> .

IBGE (2010). "Área Territorial Brasileira. Consulta por Município: 3305703 Sumidouro"

Junho, M.C., Penha, H.M., 1985. Geologia e geoquímica preliminar dos granitos de Teresópolis. Anais Acad. Bras. Ci., v.57 c. 1: p. 53-62

Junho, M.C.B., 1993. Granitos Brasileiros do Estado do Rio de Janeiro – Considerações Geoquímicas. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 65 c. 2: p. 161-179.

Lopes, E. S. S.; Namikawa, L. M.; Reis, J. B. C. 2011 Risco de escorregamentos: Monitoramento e alerta de áreas urbanas nos municípios no entorno de Angra dos Reis - Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia E Ambiental, 13., 2011, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE,. v. 1. DVD.

Marcelino, E.M.; Nunes, L.H.; Kobiyama, M. 2006 Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 6, n. 19, p. 130-149,

Machado, R., Demange, M., 1992. Granitogênese brasileira no estado do Rio de Janeiro. Caracterização geoquímica, modelo tectônico e considerações geológica sobre o embasamento e a cobertura do cinturão Ribeira na região In: Congresso Brasileiro Geologia, 37, São Paulo. Boletim Resumos Expandidos. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992. v.1, p.379-380.

Machado & Demange, M., 1996. Caracterização geoquímica e tectônica do magmatismo pré-colisional tipo cordilheirano de idade neoproterozóica no Cinturão Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. Bol. IG-USP, Publ. Especial, 18: 83-85 in.

Machado N., Valladares C., Heilbron M., Valeriano, C., 1996. U-Pb geochronology of the Central Ribeira Belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Res.*, v.79: 347-361.

Machado, N & Heilbron, Mônica; 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira belt (SE Brazil). *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 125, n. ½, p. 87-112,.

Mendes, J. C.; Junho, M. C. B.; Ghizi, A., 2002. Geology and geochemistry of granitic and dioritic rocks of the São José do Ribeirão intrusive massif, mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. 2002. *Revista Universidade Rural. Série Ciências Exatas e da Terra*, Rio de Janeiro, v. 21, n.2, p. 1-11.

Mendes, J. C.; Duffles, P., Matos, G., Ludka, I., Medeiros, F.F., Ávila, C. A., 2007. Geoquímica e geocronologia do granitóide Barra Alegre, faixa móvel Ribeira, Rio de Janeiro. *Rev. Bras. Geoc.*, v.37 c.1: 101-113.

Oliphant, T. Smart, J., Roebeling, R., Zeitlin, V., Dunn, R., 2010. *wxWidgets 2.8.11: a portable C++ and Python GUI toolkit*<http://docs.wxwidgets.org/stable> .

Penha, H.M., Ferrari, A.L., Ribeiro, A., Amador, E.S., Pentagna, F.V.P., Junho, M. C.B., Brenner, T.L., 1979. Projeto Carta Geológica, Folha Petrópolis: relatório final. Rio de Janeiro: Convênio DRM / IG - UFRJ.

Pitcher, W.S., Atherton, M.P., Cobbing, E., Pankhurst, R., 1985. Magmatism at a plate edge- the Peruvian Andes. Glasgow, Blackie.

Python Software Foundation 2010. Python Programming Language. :www.python.org/ .

Raphael, L. 2012 Análise de movimentos de massa no córrego Dantas, Nova Friburgo (RJ). . In: Simposio Nacional de Geomorfologia, 9, Rio de Janeiro, RJ. Anais... São Paulo: UGB,.

Schmitt, Renata da Silva *et al* 2003,. Marine sedimentation related to the latest stages of Gondwana assembly in the Ribeira belt: new U/Pb data. In: South American Symposium on Isotope Geology, 4., Salvador. Brazil Special Volume of Short Papers, Bahia: CBPM, 2003. p. 294-297.

SIMERJ - Sistema de Meteorologia do estado do Rio de Janeiro.

Smart, J., Roebeling, R., Zeitlin, V., Dunn, R., 2010. *wxWidgets 2.8.11: a portable C++ and Python GUI toolkit*<http://docs.wxwidgets.org/stable>

Trouw, R.A.J., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F.V.P., Valeriano, C.M., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M., Andreis, R.R., 2000. The central segment of the Ribeira belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. 31th International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, 287-310.

Tupinambá, Miguel. 2000. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. . 221 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica)-, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 1999.

Tupinambá, M., Heilbron, M., Teixeira, W., 2012. Evolução Tectônica e Mágmatca da Faixa Ribeira entre o Neoproterozoico e o Paleozoico Inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Anuário do IGEO UFRJ, v.35 c.2: 140-151.

Vinagre, R., 2014. O Batólito Serra da Água Limpa, Parte do Arco Mágmatco da Nappe Socorro-Guaxupé, Faixa Brasília Meridional. Tese de Doutorado-UFRJ Instituto de Geociências, Rio de Janeiro.

Vinagre, R.; Trouw, R. A. J.; Mendes, J. C.; Duffes, P.; Peternel, R.; Matos, G. 2014a. New Evidence of a Magmatic Arc in The Southern Brasília Belt, Brazil: The Serra da Água Limpa Batholith (Socorro-Guaxupé Nappe). Journal of South American Earth Sciences, V. 54, P. 120-139.

Vinagre, R.; Trouw, R. A. J.; Mendes, J. C.; Ludka, I. 2014b. Química Mineral e Geotermobarometria do Batólito Serra da Água Limpa, Nappe Socorro- Guaxupé, Faixa Brasília Meridional, Sudeste do Brasil. Brazilian Journal of Geology, V. 44, P. 387-414.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Rio de Janeiro.

UN-ISDR 2004. Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives. United Nations. Genebra, Suíça: UN, 457p.

8 Anexos

Tabela de pontos

| ID | LITOLOGIA | ALTITUDE | OBS | Foliação | | Coordenadas | |
|----|---------------------------------|----------|--------------------------|----------|----------|-------------|---------|
| | | | | Direcao | Mergulho | X | Y |
| 1 | Ortognaisse | 1040 | granulo 1 a 3 mm | 230 | 20 | 749034 | 7531263 |
| 2 | Ortognaisse | 1056 | blocos | | | 749121 | 7531025 |
| 3 | Ortognaisse | 1078 | coluvio | | | 749504 | 7530566 |
| 4 | Anfibolito | 1076 | corte de estrada | 175 | 85 | 749308 | 7530543 |
| 5 | granito/rocha leuco | 1127 | blocos in situ | | | 748159 | 7529584 |
| 6 | gnaisse/ortognaisse | 1252 | paragnaisse | | | 747237 | 7529245 |
| 7 | paragnaisse | 1324 | cinza claro | 330 | 79 | 747008 | 7528828 |
| 8 | granito porfirítico | 1193 | contato | 310 | 80 | 747772 | 7529295 |
| 9 | dique gabro t40/220 | 1324 | blocos insitu | 40/220 | | 745980 | 7529797 |
| 10 | Granito | 1395 | blocos | | | 745787 | 7529442 |
| 11 | granito/blocos gabro | 1407 | contato | | | 745643 | 7529357 |
| 12 | granito isotropico | 1165 | blocos | | | 746553 | 7530515 |
| 13 | gnaisse | 1165 | bandado | 120 | 40 | 747221 | 7530937 |
| 14 | granito equigranular | 1093 | verificar loc mapa | | | 747394 | 7531452 |
| 15 | granito equigranular isotropico | 1304 | fraturado | | | 745491 | 7531929 |
| 16 | granito equigranular | 1384 | bloco in situ | | | 744890 | 7532021 |
| 17 | granito equigranular | 1225 | verificar loc mapa | | | 746041 | 7532270 |
| 18 | granito equigranular | 1094 | blocos | | | 746938 | 7533615 |
| 19 | granito equigranular | 1097 | fraturado | | | 747004 | 7534003 |
| 20 | rocha c/ foliação | 999 | verificar rocha | 290 | 20 | 748542 | 7533751 |
| 21 | gnaisse | 0 | Verificar altitude | 340 | 20 | 748548 | 7533262 |
| 22 | gnaisse | 1033 | intemperizado | 330 | 69 | 747729 | 7532634 |
| 23 | granito claro/escuro | 1350 | aflo itemperizado | | | 749621 | 7529074 |
| 24 | granito equigranular claro | 1331 | blocos in situ | | | 749717 | 7529340 |
| 25 | granito grosso | 1303 | fenocristais | | | 750035 | 7529114 |
| 26 | granito porfirítico | 1476 | blocos insitu | | | 748803 | 7528249 |
| 27 | granito porfirítico | 1513 | contato gnaisse | | | 748560 | 7528391 |
| 28 | granito porfirítico | 1513 | pouco deformado | 310 | 80 | 748269 | 7528428 |
| 29 | ortognaisse | 1037 | corte de estrada | 290 | 10 | 748989 | 7534201 |
| 30 | ortognaisse | 1040 | prov unid pto ant | 320 | 45 | 748809 | 7534233 |
| 31 | microgabro/granito | 1113 | blocos | | | 748486 | 7534646 |
| 32 | ortognaisse | 1060 | afloramento inemperizado | 345 | 40 | 749164 | 7534640 |
| 33 | ortognaisse | 1043 | parade dique 110/85 | 15 | 40 | 749460 | 7534737 |
| 34 | ortognaisse | 1017 | Equigranular media | 145 | 25 | 750070 | 7535985 |
| 35 | ortognaisse | 1068 | presença oxidação | 20 | 30 | 749828 | 7535711 |
| 36 | granito leucocrático | 1099 | com fenocristais | | | 749750 | 7536070 |
| 37 | ortognaisse | 1144 | dique granito(65/80) | 310 | 50 | 749721 | 7536350 |
| 38 | ortognaisse | 1090 | muita biotita | 290 | 45 | 747508 | 7533479 |
| 39 | ortognaisse | 1164 | rocha sã | 145 | 60 | 746865 | 7534841 |
| 40 | ortognaisse | 1031 | Foliação marcante | | | 749239 | 7534290 |
| 41 | paragnaisse;ortognaisse | 1044 | ocorre corpos orto | 335 | 40 | 749331 | 7534010 |
| 42 | dique gabro | 1035 | blocos esfoliação | | | 749386 | 7533761 |

| | | | | | | | |
|----|--------------------------------|------|-----------------------------|-----|----|--------|---------|
| | | | esferoidal | | | | |
| 43 | granito | 1049 | contato dique granito | 325 | 30 | 749548 | 7533576 |
| 44 | ortognaisse | 1086 | estrada vale dourado | 295 | 20 | 749755 | 7533279 |
| 45 | ortognaisse | 1091 | migmatítico | 50 | 50 | 750122 | 7532687 |
| 46 | ortognaisse | 1171 | solo red c.blocos | | | 750725 | 7532877 |
| 47 | ortognaisse | 1313 | podrito | 310 | 40 | 750854 | 7532504 |
| 48 | granito | 1219 | cont orto; granio | | | 749716 | 7532134 |
| 49 | granito | 1161 | bloco grd 4m | | | 751461 | 7534139 |
| 50 | ortognaisse | 1153 | | | | 751333 | 7534219 |
| 51 | ortognaisse alterado | 1115 | corte estrada | 350 | 20 | 751005 | 7534864 |
| 52 | ortognaisse alterado | 1101 | corte estrada | 340 | 30 | 750842 | 7535022 |
| 53 | blocos diabásio | 1091 | blocos alterados 40cm | | | 750674 | 7535070 |
| 54 | ortognaisse alterado | 1085 | como anterior | 340 | 35 | 750656 | 7535209 |
| 55 | ortognaisse | 1032 | corte estrada asfalto | 000 | 40 | 750140 | 7535335 |
| 56 | granito porfiritico | 1063 | obra geomecânica | | | 752952 | 7536561 |
| 57 | granito porfiritico | 953 | acesso obra proximo asfalto | | | 752964 | 7536913 |
| 58 | granito porfiritico acizentado | 953 | planicie inundações | | | 753268 | 7537349 |
| 59 | granito porfiritico | 946 | frente deposito gas | | | 752883 | 7536974 |
| 60 | granito porfiritico | 950 | corte rj130 | | | 752195 | 7536492 |
| 61 | Granito/ortognaisse | 969 | contato litologico | | | 751749 | 7536296 |
| 63 | microgabro | 941 | blocos 1,5 a 2 m | | | 751559 | 7536528 |
| 64 | gabro | 966 | blocos | | | 751566 | 7536649 |
| 65 | granito | 992 | afloramento alterado | | | 751526 | 7536808 |
| 66 | rocha subalcalina | 990 | argilosa com qtzo | | | 751451 | 7536859 |
| 67 | granito | 1015 | granito da obra | | | 751371 | 7537011 |
| 68 | granito | 1077 | granito da obra | | | 751029 | 7537238 |
| 69 | ortognaisse | 1081 | muito deformado | 245 | 05 | 750896 | 7537314 |
| 70 | ortognaisse | 1100 | contato com dique | 235 | 32 | 750799 | 7537379 |
| 71 | granito | 1113 | granito da obra | | | 750700 | 7537413 |
| 72 | gabro | 1127 | blocos 20cm | | | 750565 | 7537454 |
| 73 | gabro | 1138 | blocos | | | 750474 | 7537464 |
| 74 | granito grosso | 897 | | | | 751962 | 7536577 |
| 75 | granito | 892 | granito obra | | | 752726 | 7537104 |
| 76 | gabro e granito | 972 | blocos | | | 752581 | 7537588 |
| 77 | gabro | 1022 | blocos | | | 752502 | 7538061 |
| 78 | granito | 1102 | granito da obra | | | 751700 | 7538447 |
| 79 | ortognaisse | 1086 | encosta alterada | 215 | 40 | 751897 | 7538398 |
| 80 | ortognaisse | 1072 | com fenocristais | 220 | 60 | 752009 | 7538323 |
| 81 | granito | 1051 | granito da obra | | | 752183 | 7538304 |
| 82 | granito | 1037 | granito da obra | | | 752268 | 7538232 |
| 83 | gabro | 1027 | blocos | | | 752303 | 7538142 |
| 84 | granito | 1001 | granito da obra | | | 752453 | 7537842 |
| 85 | granito | 944 | granito da obra | | | 752453 | 7537673 |
| 86 | granito | 900 | granito da obra | | | 752870 | 7537188 |
| 87 | granito | 912 | blocos | | | 754750 | 7538456 |
| 88 | gabro | 916 | blocos | | | 754690 | 7538199 |
| 89 | gabro | 916 | blocos | | | 754739 | 7538133 |
| 90 | granito | 889 | blocos | | | 754510 | 7538002 |
| 91 | diorito | 933 | biotita destacada | | | 753976 | 7537563 |
| 92 | diorito | 934 | biotita destacada | | | 753926 | 7537492 |

| | | | | | | | |
|-----|------------------------------|------|------------------------------|-----|----|--------|---------|
| 93 | gabro | 1113 | blocos | | | 747076 | 7534130 |
| 94 | gabro | 1037 | blocos | | | 747414 | 7533391 |
| 95 | granito equigranular | 1101 | isotropico;esf esferoidal | | | 744197 | 7536100 |
| 96 | ortognaisse | 1163 | barranco | | | 745485 | 7535572 |
| 98 | ortognaisse grosso | 1108 | leucocratico | 240 | 68 | 747282 | 7535204 |
| 99 | ortognaisse grosso | 1075 | leucocratico | 260 | 30 | 747621 | 7536490 |
| 100 | ortognaisse grosso | 1005 | leucocratico | 150 | 45 | 747960 | 7537610 |
| 101 | granito fenocristais | 1010 | isotropico medio | | | 748785 | 7539210 |
| 102 | granito fenocristais | 998 | lajedo fresco | | | 749464 | 7540030 |
| 103 | microgabro | 923 | blocos | | | 752698 | 7538590 |
| 104 | granito fenocristais | 872 | afl. alterado | | | 753853 | 7537790 |
| 105 | ortognaisse grosso | 1049 | corte de estrada | 315 | 80 | 751713 | 7533650 |
| 106 | ortognaisse grosso | 1042 | leucocrático | 195 | 60 | 751940 | 7534190 |
| 107 | granito geomecânica | 1092 | blocos 1 a 5m | | | 752153 | 7533500 |
| 108 | gnaisse migmatítico | 879 | tipo estromático | 130 | 50 | 755383 | 7531700 |
| 109 | gnaisse bandado fino | 882 | atras rodoviaria | 130 | 50 | 755470 | 7531040 |
| 110 | ortognaisse fino | 980 | muri-friburgo | 330 | 30 | 756432 | 7531240 |
| 111 | ortognaisse | 885 | atras roroviaria | | | 755226 | 7531060 |
| 112 | paragnaisse | 886 | muri-friburgo | 330 | 30 | 755603 | 7530440 |
| 113 | granito médio | 1341 | lajedo alterado | | | 744700 | 7531340 |
| 114 | dique microgabro | 1197 | blocos centimetricos | | | 744058 | 7530730 |
| 115 | dique microgabro | 1140 | blocos centimetricos | | | 743247 | 7530390 |
| 116 | xisto fino | 936 | corte de estrada | 240 | 50 | 752697 | 7531960 |
| 117 | ortognaisse | 919 | sem fenocristais | 160 | 30 | 752849 | 7532050 |
| 118 | ortognaisse fino | 1056 | tere-friburgo | 60 | 25 | 739905 | 7536550 |
| 119 | granito equigranular fino | 1058 | tere-friburgo | | | 739164 | 7536230 |
| 120 | ortognaisse fino | 1175 | tere-friburgo | 20 | 25 | 735970 | 7535540 |
| 121 | ortognaisse grosso | 1186 | tere-friburgo | 325 | 30 | 734812 | 7534660 |
| 122 | ortognaisse grosso | 1033 | coquista-sumidouro | 345 | 30 | 742810 | 7539570 |
| 123 | ortognaisse | 1068 | alteado | 145 | 45 | 742050 | 7541360 |
| 124 | ortognaisse | 1072 | lajedo fresco | 345 | 40 | 742095 | 7541910 |
| 125 | ortognaisse | 981 | lajedo fresco | 180 | 30 | 741796 | 7543660 |
| 126 | ortognaisse fino | 0 | leucocratico | 350 | 20 | 742020 | 7546330 |
| 127 | ortognaisse grosso | 917 | pavimento estrada | 55 | 40 | 738738 | 7548010 |
| 128 | ortognaisse grosso | 977 | alterado | 340 | 40 | 731783 | 7545650 |
| 129 | ortognaisse grosso | 919 | percolação de Mn | 30 | 10 | 730757 | 7540840 |
| 130 | granito deformado | 974 | leucocratico | 35 | 30 | 733929 | 7543570 |
| 131 | paragnaisse | 958 | motas-soledade | 330 | 20 | 735409 | 7545160 |
| 132 | ortognaisse | 942 | lajedo | | | 736236 | 7545850 |
| 133 | granito fino | 1036 | conquista-sumidouro | | | 736426 | 7537060 |
| 134 | ortognaisse grosso | 955 | corte estrada | 330 | 70 | 737196 | 7538890 |
| 135 | ortognaisse | 1005 | xenolito-paragnaisse | 335 | 35 | 737728 | 7539650 |
| 136 | paragnaisse grosso | 951 | estrada soledade | 60 | 40 | 739397 | 7543930 |
| 137 | paragnaisse | 939 | corte estrada | | | 739753 | 7544890 |
| 138 | paragnaisse | 952 | corte estrada | 185 | 10 | 739801 | 7545570 |
| 139 | ortognaisse | 1029 | vieira | | | 732829 | 7537200 |
| 140 | blocos diabasio | 0 | blocos centimetricos | | | 732878 | 7537520 |
| 141 | ortognaisse alterado | 1030 | corte estrada | 10 | 25 | 733132 | 7537790 |
| 142 | blocos diabásio | 1149 | blocos | | | 734529 | 7537320 |
| 143 | ortognaisse | 0 | lajedo | | | 734860 | 7537310 |

| | | | | | | | |
|-----|----------------------|------|-----------------------|-----|----|--------|---------|
| 144 | ortognaisse | 1026 | corte estrada | | | 731955 | 7537940 |
| 145 | ortognaisse grosso | 1075 | alterado | 245 | 40 | 732530 | 7538540 |
| 146 | ortognaisse | 1060 | estrada | | | 733952 | 7540500 |
| 147 | paragnaisse | 1087 | barranco da estrada | 355 | 85 | 742813 | 7530180 |
| 148 | microgabro | 1049 | corte de estrada | | | 741388 | 7529920 |
| 149 | paragnaisse | 1048 | corte de estrada | 145 | 40 | 740722 | 7530700 |
| 150 | granito médio | 1065 | beira da estrada | | | 753070 | 7407220 |
| 151 | ortognaisse | 0 | lajedo | 275 | 40 | 739825 | 7529540 |
| 152 | granito deformado | 0 | cinzento | 280 | 85 | 740008 | 7527460 |
| 153 | granito deformado | 0 | cinzento | 45 | 60 | 740139 | 7527980 |
| 154 | granito | 1118 | blocos microgabro | | | 738188 | 7528560 |
| 155 | granito isotropico | 0 | esfoliação esferoidal | | | 740346 | 7531940 |
| 156 | paragnaisse | 0 | alterado | 90 | 40 | 739404 | 7533880 |
| 157 | granito deformado | 0 | subhorizontal | | | 740655 | 7535530 |
| 158 | ortognaisse | 0 | corte estrada | 310 | 65 | 756224 | 7527280 |
| 159 | ortognaisse grosso | 0 | fenocristais | 310 | 65 | 756887 | 7527780 |
| 160 | ortognaisse fino | 0 | fenocristais | | | 759177 | 7528500 |
| 161 | ortognaisse | 0 | estrada | 150 | 85 | 759918 | 7528020 |
| 163 | ortognaisse grosso | 0 | alterado | 330 | 30 | 754493 | 7535680 |
| 164 | granito fenocristais | 0 | | | | 759004 | 7535400 |
| 165 | granito geomecanica | 0 | isotropico | | | 756342 | 7535620 |
| 166 | granito geomecanica | 0 | corte muito alterado | | | 756253 | 7540320 |
| 167 | granito geomecanica | 0 | corte fresco estrada | | | 756071 | 7541500 |
| 168 | ortognaisse grosso | 0 | | 305 | 40 | 756201 | 7543720 |
| 169 | ortognaisse grosso | 0 | friburgo - sumidouro | 180 | 40 | 752790 | 7547070 |
| 170 | ortognaisse grosso | 0 | | 310 | 80 | 749477 | 7546430 |
| 171 | ortognaisse | 0 | | 270 | 60 | 747686 | 7546720 |
| 172 | ortognaisse | 0 | lajedo | 320 | 20 | 746884 | 7546920 |
| 173 | ortognaisse | 0 | | 330 | 20 | 748450 | 7545080 |
| 174 | ortognaisse | 0 | fenocristais grandes | 120 | 60 | 755912 | 7528770 |

Tabelas aplicadas para o cálculo de densidade de fraturas (DN) e penetratividade (DL)

Densidade de fraturas do Ortognaisse Granítico/Granodiorítico - Afloramento 1

Coordenadas 748989 / 7534201

Medidas tomadas de oeste para leste.

Círculos com um metro de diâmetro. Tendo como área 0,7854 m²

| Círculo 1 | ATITUDE | Compr.(m) | | | |
|-----------|---------|-----------|------|------|------|
| C1 | | | | | |
| T | 215/40 | 0,42 | | | |
| T | 120/80 | 0,20 | 0,73 | 0,81 | 0,30 |
| T | 150/60 | 0,36 | | | |
| A | 315/40 | 0,70 | 0,20 | 0,81 | 0,30 |

| | | | | | | | | | |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C2 | | | | | | | | | |
| A | 340/30 | 0,71 | 0,77 | 0,64 | 0,15 | | | | |
| T | 110/80 | 0,98 | | | | | | | |
| C3 | | | | | | | | | |
| T | 120/65 | 0,54 | 0,59 | 0,49 | 0,85 | 0,58 | | | |
| A | 330/40 | 0,98 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,28 | 0,55 | 0,68 | 0,27 |
| C4 | | | | | | | | | |
| T | 125/85 | 0,80 | 0,57 | 0,90 | | | | | |
| T | 215/40 | 0,50 | | | | | | | |
| A | 320/50 | 0,90 | 0,82 | 0,68 | 0,62 | 0,84 | 0,49 | 0,74 | |
| C5 | | | | | | | | | |
| T | 80/85 | 0,14 | | | | | | | |
| A | 345/30 | 0,38 | 0,41 | 0,20 | 0,23 | 0,37 | | | |
| A | 185/25 | 0,53 | 0,29 | 0,32 | 0,20 | 0,22 | 0,30 | | |
| C6 | | | | | | | | | |
| T | 125/80 | 0,12 | 0,37 | 0,15 | | | | | |
| A | 150/05 | 0,58 | | | | | | | |
| C7 | | | | | | | | | |
| T | 300/80 | 0,17 | 0,10 | | | | | | |
| A | 345/28 | 0,30 | 0,70 | 0,47 | 0,33 | 0,35 | | | |
| C8 | | | | | | | | | |
| T | 220/70 | 0,21 | 0,23 | | | | | | |
| T | 255/89 | 0,50 | | | | | | | |
| A | 320/40 | 0,74 | 0,34 | 0,54 | | | | | |
| C9 | | | | | | | | | |
| T | 105/80 | 0,14 | 0,7 | 0,24 | | | | | |
| T | 340/89 | 0,50 | | | | | | | |
| A | 170/20 | 0,99 | 0,45 | 0,29 | 0,65 | 0,24 | | | |
| C10 | | | | | | | | | |
| T | 60/80 | 0,54 | 0,60 | 0,20 | | | | | |
| A | 165/20 | 0,34 | 0,31 | 0,18 | 0,67 | | | | |
| C11 | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|-----|--------|------|------|------|------|------|
| T | 110/70 | 0,16 | | | | |
| T | 50/65 | 0,58 | 0,98 | | | |
| A | 175/40 | 0,49 | 0,26 | 0,51 | 0,46 | |
| C12 | | | | | | |
| T | 70/89 | 0,15 | 0,22 | | | |
| T | 295/85 | 0,14 | | | | |
| A | 165/10 | 0,76 | 0,27 | 0,30 | 0,36 | 0,23 |
| C13 | | | | | | |
| T | 270/85 | 0,50 | 0,56 | | | |
| T | 215/85 | 0,17 | | | | |
| T | 85/80 | 0,16 | | | | |
| A | 285/40 | 0,83 | 0,51 | 0,61 | 0,62 | |
| C14 | | | | | | |
| T | 35/80 | 0,70 | 0,56 | | | |
| T | 85/60 | 0,75 | 0,65 | 0,52 | | |
| A | 300/10 | 0,30 | | | | |
| C15 | | | | | | |
| T | 35/85 | 0,36 | | | | |
| T | 290/35 | 0,17 | | | | |
| T | 105/60 | 0,34 | 0,28 | 0,16 | | |
| A | 135/25 | 0,50 | 0,29 | 0,97 | | |
| C16 | | | | | | |
| T | 120/85 | 0,90 | | | | |
| A | 200/15 | 0,52 | | | | |
| C17 | | | | | | |
| T | 130/60 | 0,98 | 0,77 | | | |
| A | 120/30 | 0,90 | | | | |
| C18 | | | | | | |
| T | 40/85 | 0,12 | 0,40 | 0,96 | | |
| A | 335/25 | 0,40 | 0,45 | 0,13 | 0,15 | |
| C19 | | | | | | |
| T | 35/60 | 0,55 | | | | |
| T | 80/85 | 0,49 | | | | |
| T | 125/80 | 0,63 | 0,20 | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| A | 335/45 | 0,96 | 0,53 | 0,40 | | | | | |
| A | 130/30 | 0,90 | 0,43 | | | | | | |
| C20 | | | | | | | | | |
| T | 75/85 | 0,57 | | | | | | | |
| T | 255/45 | 0,13 | | | | | | | |
| A | 145/60 | 0,80 | 0,24 | 0,24 | | | | | |
| C21 | | | | | | | | | |
| T | 35/50 | 0,89 | 0,67 | 0,38 | 0,48 | 0,17 | 0,22 | 0,29 | |
| A | 340/60 | 0,96 | | | | | | | |
| A | 145/40 | 0,31 | 0,39 | 0,15 | | | | | |
| C22 | | | | | | | | | |
| T | 55/89 | 0,99 | 0,41 | 0,40 | | | | | |
| A | 160/45 | 0,51 | | | | | | | |
| C23 | | | | | | | | | |
| T | 235/75 | 0,48 | | | | | | | |
| T | 120/80 | 0,15 | 0,25 | | | | | | |
| A | 160/30 | 0,97 | 0,76 | | | | | | |

Nota! T= fratura tectônica
A= fratura de alívio

| Círculo | Qtd fraturas | Comp. Total (m) | Área m ² |
|---------|--------------|-----------------|---------------------|
| 1 | 10 | 4,83 | 0,7854 |
| 2 | 5 | 3,25 | 0,7854 |
| 3 | 13 | 8,36 | 0,7854 |
| 4 | 11 | 7,86 | 0,7854 |
| 5 | 12 | 3,59 | 0,7854 |
| 6 | 4 | 1,22 | 0,7854 |
| 7 | 7 | 2,42 | 0,7854 |
| 8 | 6 | 2,56 | 0,7854 |
| 9 | 9 | 3,57 | 0,7854 |
| 10 | 7 | 2,84 | 0,7854 |
| 11 | 7 | 3,44 | 0,7854 |
| 12 | 8 | 2,43 | 0,7854 |
| 13 | 8 | 3,96 | 0,7854 |
| 14 | 6 | 3,48 | 0,7854 |
| 15 | 8 | 3,07 | 0,7854 |
| 16 | 2 | 1,42 | 0,7854 |

| | | | |
|---------------------|------|--------------------|--------|
| 17 | 3 | 2,65 | 0,7854 |
| 18 | 7 | 2,61 | 0,7854 |
| 19 | 9 | 5,09 | 0,7854 |
| 20 | 5 | 4,91 | 0,7854 |
| 21 | 11 | 4,91 | 0,7854 |
| 22 | 4 | 2,31 | 0,7854 |
| 23 | 5 | 2,61 | 0,7854 |
| Total | 167 | 83,39 | 18,064 |
| $Dn = \frac{NF}{A}$ | 9,24 | $DL = \frac{L}{A}$ | 4,62 |

Densidade de fraturas do do Granito Equigranular granular Fino/Médio –

Afloramento 2 (tipo lagedo) sinais indicativos de debris flow

Coordenada 745509 / 7531958

Medidas tomadas do tipo malha com círculos com 1 m de diâmetro e área de 0,7854 m².

Obs.: A fratura de alívio é a própria superfície onde o círculo de um metro de diâmetro é desenhado

| Círculo | ATITUDE | Compr. (m) |
|---------|---------|------------|
| C1 | | |
| A | 300/40 | |
| T | 135/88 | 0,94 |
| T | 50/80 | 0,93 |
| C2 | | |
| A | 310/30 | |
| T | 135/88 | 0,20 |
| C3 | | |
| A | 325/25 | |
| T | 40/89 | 0,99 |
| T | 130/78 | 0,26 |
| T | 160/50 | 0,30 |
| C4 | | |
| A | 300/50 | |
| T | 120/70 | 0,79 |

| | | | | | | | | | |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| T | 30/88 | 0,46 | | | | | | | |
| V | 170/80 | 1 | | | | | | | |
| V | 85/80 | 1 | | | | | | | |
| C5 | | | | | | | | | |
| A | 0/40 | | | | | | | | |
| T | 240/80 | 1 | 0,90 | 0,90 | 0,80 | 0,17 | | | |
| T | 135/85 | 0,27 | 0,35 | | | | | | |
| T | 265/80 | 0,55 | 0,52 | | | | | | |
| C6 | | | | | | | | | |
| A | 350/35 | | | | | | | | |
| T | 340/85 | 0,88 | 0,90 | | | | | | |
| C7 | | | | | | | | | |
| A | 350/40 | | | | | | | | |
| T | 240/85 | 0,90 | 0,88 | | | | | | |
| C8 | | | | | | | | | |
| A | 350/25 | | | | | | | | |
| T | 130/70 | 0,38 | | | | | | | |
| T | 50/85 | 0,73 | | | | | | | |
| T | 0/89 | 0,60 | | | | | | | |
| V | 0/89 | 0,87 | | | | | | | |
| C9 | | | | | | | | | |
| A | 340/25 | | | | | | | | |
| T | 50/80 | 0,92 | 0,90 | 0,82 | 0,14 | 0,29 | 0,24 | 0,59 | |
| T | 135/65 | 0,20 | 0,17 | 0,46 | 0,9 | 0,17 | | | |
| C10 | | | | | | | | | |
| A | Mai/30 | | | | | | | | |
| T | 160/70 | 0,84 | 0,49 | | | | | | |
| T | 185/74 | 0,46 | | | | | | | |
| T | 60/89 | 0,99 | 0,80 | 0,37 | | | | | |
| T | 205/70 | 0,90 | | | | | | | |
| C11 | | | | | | | | | |
| A | 330/30 | | | | | | | | |
| T | 245/68 | 0,44 | 0,92 | 0,99 | 0,82 | | | | |
| T | 155/78 | 0,95 | | | | | | | |

| | | | | | |
|-----|--------|------|------|------|------|
| C12 | | | | | |
| A | 330/30 | | | | |
| T | 45/85 | 0,90 | | | |
| T | 165/60 | 0,89 | 0,54 | 0,16 | 0,21 |
| T | 130/80 | 0,50 | 0,44 | 0,62 | |
| C13 | | | | | |
| A | 0/35 | | | | |
| T | 125/70 | 1 | 0,82 | 0,57 | |
| T | 175/60 | 0,89 | | | |
| T | 80/80 | 0,81 | | | |
| C14 | | | | | |
| A | 350/30 | | | | |
| T | 55/89 | 0,73 | 0,23 | | |
| C15 | | | | | |
| A | 350/30 | | | | |
| T | 115/80 | 0,74 | 0,98 | 0,75 | |
| T | 170/60 | 1 | 0,43 | 0,68 | |
| C16 | | | | | |
| A | 355/35 | | | | |
| T | 55/80 | 0,70 | 0,47 | 0,99 | |
| T | 190/60 | 0,46 | 0,56 | | |
| C17 | | | | | |
| A | 345/40 | | | | |
| T | 135/75 | 0,94 | 0,39 | | |
| C18 | | | | | |
| A | 355/30 | | | | |
| T | 45/89 | 0,68 | | | |
| T | 120/89 | 0,40 | | | |
| C19 | | | | | |
| A | 0/35 | | | | |
| T | 195/70 | 0,90 | | | |
| C20 | | | | | |
| A | 0/40 | | | | |
| T | 155/70 | 0,79 | | | |

| | | | | | |
|-----|--------|------|------|------|---|
| T | 80/80 | 1 | | | |
| C21 | | | | | |
| A | 0/40 | | | | |
| T | 145/80 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 1 |
| T | 35/89 | 0,80 | 0,90 | | |
| C22 | | | | | |
| A | 350/40 | | | | |
| T | 150/80 | 0,87 | 1 | | |
| T | 185/89 | 1 | | | |

Nota! T= fratura tectônica
A= fratura de alívio
V= veio

| Círculo | Qtd fraturas | Comp total (m) | Área m ² |
|---------|--------------|----------------|---------------------|
| 1 | 2 | 1,87 | 0,7854 |
| 2 | 1 | 0,2 | 0,7854 |
| 3 | 3 | 1,55 | 0,7854 |
| 4 | 4 | 3,25 | 0,7854 |
| 5 | 9 | 5,46 | 0,7854 |
| 6 | 2 | 1,78 | 0,7854 |
| 7 | 2 | 1,78 | 0,7854 |
| 8 | 4 | 2,58 | 0,7854 |
| 9 | 12 | 4,99 | 0,7854 |
| 10 | 7 | 4,85 | 0,7854 |
| 11 | 5 | 4,12 | 0,7854 |
| 12 | 8 | 4,26 | 0,7854 |
| 13 | 5 | 4,09 | 0,7854 |
| 14 | 2 | 0,96 | 0,7854 |
| 15 | 6 | 4,58 | 0,7854 |
| 16 | 5 | 3,18 | 0,7854 |
| 17 | 2 | 1,33 | 0,7854 |
| 18 | 2 | 1,08 | 0,7854 |
| 19 | 1 | 0,9 | 0,7854 |
| 20 | 2 | 1,79 | 0,7854 |
| 21 | 6 | 5,10 | 0,7854 |
| 22 | 3 | 2,87 | 0,7854 |
| Total | 93 | 62,57 | 17,28 |

$$Dn = \frac{NF}{A}$$

5,38

$$DL = \frac{L}{A}$$

3,62

Densidade de fraturas do Granito Equigranular granular Fino/Médio –

Afloramento 3 corte de estrada da RJ-130 sentido Teresópolis --> Nova Friburgo

Coordenadas 746186 / 7535112

NOTA!

Afloramento encontra-se fora do limite da bacia hidrográfica do Córrego Dantas

| Círculos | Atitude | Comp. (m) | | | | |
|----------|---------|-----------|------|------|------|------|
| C1 | | | | | | |
| A | 220/15 | 0,33 | 0,77 | 0,90 | 0,53 | 0,65 |
| T | 70/40 | 0,60 | | | | |
| T | 255/50 | 0,40 | | | | |
| C2 | | | | | | |
| A | 245/25 | 0,83 | 0,49 | 0,87 | 0,44 | 0,40 |
| T | 105/80 | 0,28 | | | | |
| T | 245/50 | 0,24 | 0,34 | 0,87 | | |
| T | 135/89 | 0,34 | 0,26 | | | |
| T | 300/70 | 0,36 | | | | |
| C3 | | | | | | |
| A | 300/10 | 0,91 | 0,48 | 0,47 | | |
| T | 235/60 | 0,26 | 0,15 | | | |
| T | 110/60 | 0,21 | 0,30 | | | |
| C4 | | | | | | |
| A | 95/5 | 1 | 0,58 | | | |
| T | 60/60 | 0,32 | 0,27 | | | |
| C5 | | | | | | |
| A | 105/15 | 0,93 | 0,37 | | | |
| V | 225/20 | 0,30 | | | | |
| C6 | | | | | | |
| A | 250/30 | 0,88 | 0,50 | | | |
| A | 230/30 | 0,77 | 0,28 | 0,18 | | |
| C7 | | | | | | |
| A | 210/20 | 0,30 | | | | |
| T | 220/85 | 0,88 | | | | |

| | | | | | |
|-----|--------|------|------|------|------|
| C8 | | | | | |
| A | 280/30 | 1 | 0,46 | 0,22 | |
| T | 260/60 | 0,30 | 0,18 | | |
| T | 125/60 | 0,87 | 0,56 | 0,29 | |
| C9 | | | | | |
| A | 300/10 | 0,55 | 0,37 | 0,27 | 0,20 |
| T | 115/80 | 1 | | | |
| T | 35/60 | 0,70 | 0,40 | 0,30 | |
| T | 45/89 | 0,59 | 0,39 | 0,46 | |
| C10 | | | | | |
| A | 110/5 | 0,77 | | | |
| T | 65/45 | 0,24 | | | |
| C11 | | | | | |
| A | 335/25 | 0,96 | | | |
| T | 220/70 | 0,45 | | | |
| T | 260/85 | 0,88 | | | |
| T | 65/40 | 0,25 | 0,18 | | |
| C12 | | | | | |
| A | Out/30 | 0,93 | 0,54 | 0,48 | 1 |
| T | 220/80 | 1 | 0,24 | | |
| T | 115/80 | 0,20 | | | |
| C13 | | | | | |
| A | 85/50 | 0,82 | | | |
| D | 235/40 | 1 | | | |
| C14 | | | | | |
| A | 290/40 | 0,93 | | | |
| T | 35/89 | 0,80 | 0,25 | | |
| T | 230/70 | 0,16 | 0,30 | | |
| C15 | | | | | |
| A | 120/40 | 0,77 | 0,60 | 0,34 | |
| T | 50/89 | 0,64 | | | |
| T | 50/60 | 0,17 | 0,50 | | |

Nota! T= fratura tectônica
A= fratura de alívio

V= veio

D= dique

| Círculo | Qtd fraturas | Comp. Total (m) | Área m ² |
|---------|--------------|-----------------|---------------------|
| 1 | 7 | 4,18 | 0,7854 |
| 2 | 12 | 5,72 | 0,7854 |
| 3 | 7 | 2,78 | 0,7854 |
| 4 | 4 | 2,17 | 0,7854 |
| 5 | 3 | 1,60 | 0,7854 |
| 6 | 5 | 2,61 | 0,7854 |
| 7 | 2 | 1,18 | 0,7854 |
| 8 | 8 | 3,88 | 0,7854 |
| 9 | 11 | 5,23 | 0,7854 |
| 10 | 2 | 1,01 | 0,7854 |
| 11 | 5 | 2,72 | 0,7854 |
| 12 | 7 | 4,39 | 0,7854 |
| 13 | 2 | 1,82 | 0,7854 |
| 14 | 5 | 2,44 | 0,7854 |
| 15 | 6 | 3,02 | 0,7854 |
| Total | 86 | 44,75 | 11,781 |

$$Dn = \frac{NF}{A}$$

7,30

$$DL = \frac{L.}{A}$$

3,80